



ปีการศึกษา 2533  
ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และรักษาความปลอดภัยแบบอัตโนมัติ  
ส่วนที่ 2 ชุดอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ  
(Automatic Fire Alarm and Security System)  
(Part 2 Sensors)

โดย

1. นายน้อย ปัญญาวัฒน์ 313410
2. นายวิระพันธ์ ปริญโญภาส 313426
3. นายสุวัฒน์ แส่นบริบูรณ์สุข 313435

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์นิกร สุขตมตันติ

027910



ปริญญาโท ปีการศึกษา 2533

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และรักษาความปลอดภัยแบบอัตโนมัติ  
ส่วนที่ 2 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ  
(Automatic Fire Alarm and Security Systems)  
(Part 2 Sensor)

- |          |                               |        |
|----------|-------------------------------|--------|
| ผู้จัดทำ | 1. นาย น้อย ปัญญาวัฒน์        | 313410 |
|          | 2. นาย วีระพันธ์ ปริญาภาส     | 313426 |
|          | 3. นาย สุวัฒน์ แสนบริบูรณ์เสข | 313435 |



*[Handwritten Signature]*

(อาจารย์นิกร สุขตมตันติ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

กรรมการ

กรรมการ

เลขหม..... T 33077 ๒5  
เลขทะเบียน..... 0249/0  
วัน, เดือน, ปี..... 12 ก.ค. 34

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และรักษาความปลอดภัยแบบอัตโนมัติ  
ส่วนที่ 2 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ

(Automatic Fire Alarm and Security System)

(Part 2 Sensors)

1. นาย น้อย	ปัญญาวัฒน์	313410
2. นาย วีระพันธ์	ปริญญาภาส	313426
3. นาย สวัสดิ์	แสนบริบูรณ์สุข	313435

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันตัวตรวจจับความร้อนส่วนมากที่มีขายกันตามท้องตลาด ไม่มีขีดความสามารถที่จะระบุตำแหน่ง หรือบริเวณที่ถุกเพลิงไหม้ได้ถ้าจะทำให้สามารถระบุตำแหน่งได้ ก็ต้องมีวิธีทำยุ่งยากและสิ้นเปลือง ในปฏิญานี้พจนฉบับนี้ เสนอการออกแบบ Sensor 2 ชนิด คือ

1. ตัวตรวจจับความร้อน ชนิดระบุตำแหน่งหรือบริเวณที่ถุกไฟไหม้ได้อย่างแม่นยำ มีชื่อเรียกว่า Addressable Fire Detector (AFD) มีความไวในการตรวจจับความร้อน ถ้าอุณหภูมิในบริเวณที่ AFD อยู่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก  $15^{\circ}\text{F}/\text{sec}^2$  AFD จะทำงานโดยอาศัยหลักการลัดวงจร

2. ตัวตรวจจับการโจรกรรมชนิดระบุตำแหน่งได้ มีชื่อเรียกว่า Addressable Security Detector (ASD) ลักษณะการใช้งาน นำไปติดตั้งที่บริเวณไม่ต้องการให้ใครผ่านเข้าออก เช่น ประตู หน้าต่าง ถ้ามีการเปิดประตู ADF ต้องแจ้งสัญญาณให้เราทราบตำแหน่งได้ถูกต้อง โดยอาศัยหลักการ Short หรือ Open สายแล้ว Monitorกระแสไฟ loop แจ้งเป็นสัญญาณ Alarm

ปฏิญานี้พจนฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และรักษาความปลอดภัยแบบอัตโนมัติ

# Automatic Fire Alarm and Security System

## Part 2 Sensors

By	1. Mr.NOI	PANYANUWAT	313410
	2. Mr.WERAPUN	PRINYOPAS	313426
	3. Mr.SUWAT	SEANBORIBOONSOOK	313435
	Year 1990		

### Abstact

At Present time most available sensor in use no efficiency to locate the area that fire taken place if it could indicate the right location will be complicate and costly and this Thesis will show method to design 2 type of sensors unit which are

1. Heat Detector which show right location or area that time fire taken place called Addressable Fire Detector which sensitive to detect heat. The sharp rise of temperature in the area which AFD locate increase  $15^{\circ}\text{F}/\text{sec}^2$  this AFD will short circuit.

2. Security Detector which show right location Addressable Security Detector (ASD). The operation of this sensor will be installed in the area not allow any body passed by such as door or window. In case it was opened AFD shall be worked and indicate the right location

This Thesis are part of Automatic Fire Alarm and Security System.

## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 หน้าที่และคุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณชนิดต่างๆ	1
บทที่ 2 การกำหนดรูปแบบการรับส่งข้อมูลและเชื่อมโยง Sensor เข้าสู่ระบบ	10
บทที่ 3 การทำงานของ Addressable Security Detector (ASD)	12
บทที่ 4 การออกแบบ Addressable Security Detector (ASD)	23
บทที่ 5 การทำงานของ Addressable Five Alarm Detector (AFD)	46
บทที่ 6 แผงวงจรและอุปกรณ์	51
บทที่ 7 ผลผลการทดลอง	53
หนังสืออ้างอิง	54
กิตติกรรมประกาศ	55
ภาคผนวก	A1 ~ A23

## บทที่ 1

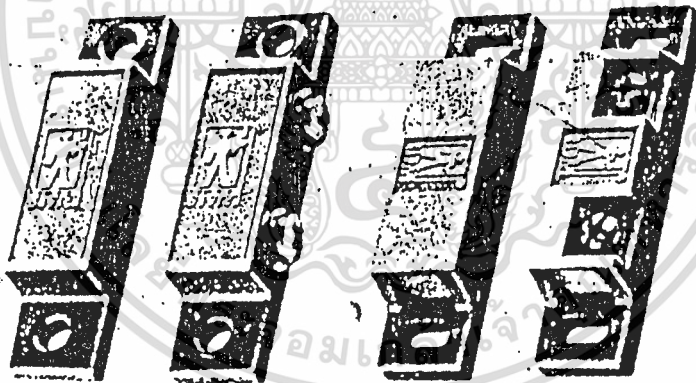
### ตัวตรวจจับสัญญาณ

(Sensor)

ในระบบป้องกันภัย ตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) จะมีความสำคัญไม่น้อยกว่า ส่วนควบคุม (Control unit) เพราะถ้าตัวตรวจจับสัญญาณเกิดทำงานผิดพลาดหรือ เร็ยง่าย ๆ ว่า "บอด" แล้วส่วนควบคุมจะไม่สามารถตรวจจับสัญญาณต่างๆ ที่แปลกปลอมเข้ามาในระบบได้ ตัวตรวจจับสัญญาณมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะนำมากล่าวถึงส่วนที่มีราคาไม่สูงนัก และมีความถูกต้องแม่นยำพอสมควร ตัวตรวจจับสัญญาณที่มีราคาแพงจะกล่าวให้ทราบอย่าง คร่าวๆ เท่านั้น ขณะเดียวกันก็จะยกตัวอย่างการติดตั้งให้ทราบด้วย เพื่อให้เกิดแนวความคิด ในการทำการติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณนั้นๆ ไปด้วย

#### 1.1 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic switch)

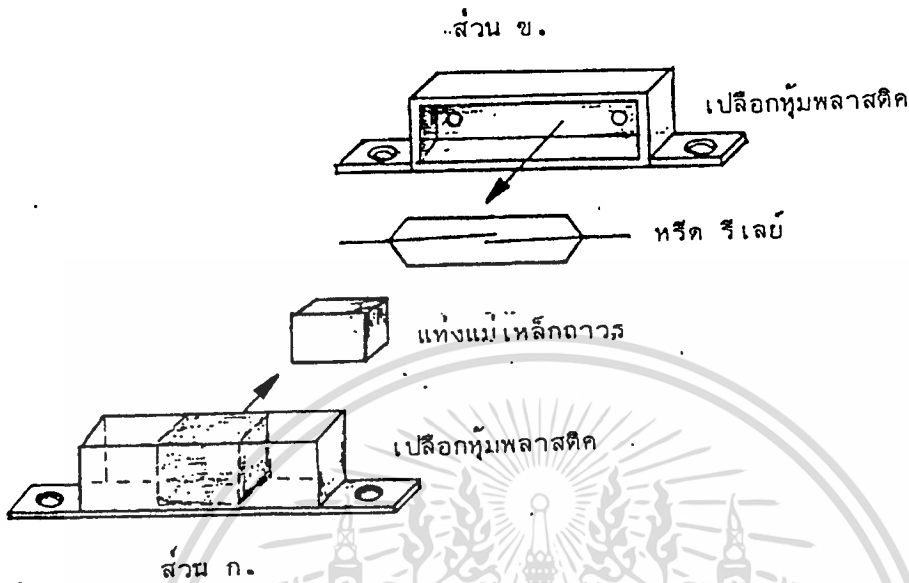
ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิตช์แม่เหล็กนี้เป็นที่นิยมกันมากเพราะมีราคาถูก แต่มีความ แม่นยำถูกต้องมาก ทำการติดตั้งง่าย ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะเป็นดังรูปที่ 1.D



รูปที่ 1.D แสดงตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิตช์แม่เหล็ก

ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิตช์แม่เหล็กด้านซ้ายมือเป็นแบบสภาวะเดิยวคือ สภาวะ ปกติปิด (Normally closed or N.C.) หรือไม่ก็เป็นแบบสภาวะปกติเปิด (Normally opened or N.O.) อย่างใดอย่างหนึ่ง ส่วนทางด้านขวามือเป็นแบบคู่ คือมีขั้วต่อให้ทั้ง แบบสภาวะปกติปิดและสภาวะปกติเปิด แล้วแต่จะเลือกใช้เป็นแบบใด

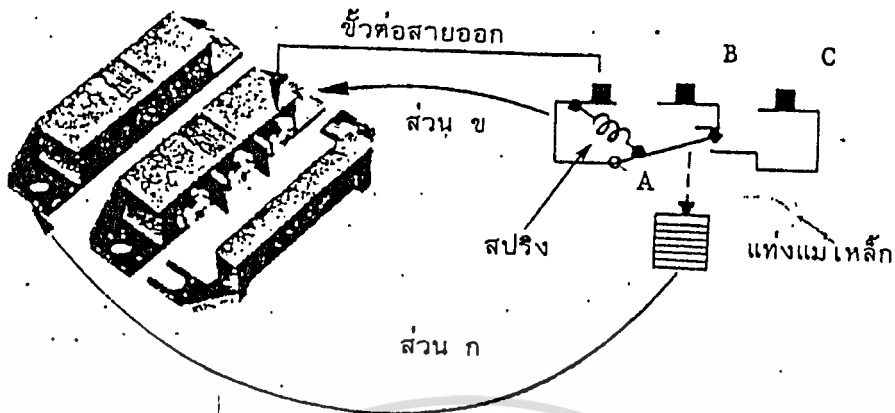
โครงสร้างโดยทั่วๆ ไปของตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทแม่เหล็กนี้คล้ายๆ กันโดยมีส่วนหนึ่งเป็นแม่เหล็กถาวร และอีกส่วนหนึ่งเป็นสวิททางกลสำหรับต่อสายส่งสัญญาณจากภายนอก ในกรณีของตัวตรวจจับสัญญาณแบบสภาวะเดียวมักจะเป็นดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างภายในของตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทแม่เหล็กชนิดสภาวะเดียว

จากรูปที่ 1.1 ในสภาวะปกติ ส่วน ก. ซึ่งเป็นส่วนที่มีแม่เหล็กถาวรอยู่ใน จะถ่วงไว้ใกล้หรือติดกับส่วน ข. ซึ่งเป็นส่วนที่มีสวิททางกลอยู่ใน (ส่วนมากมักจะเป็น หรีดรีเลย์ (Reed relay) จะเป็นแบบสภาวะปกติเปิดหรือสภาวะปกติปิด ก็ขึ้นอยู่กับชนิดที่ต้องการใช้) ส่วนมากมักจะวางห่างกันไม่เกิน 1 เซนติเมตร ในสภาวะปกติเมื่อวางส่วน ก. และส่วน ข. อยู่ใกล้กัน ส่วน ก. จะส่งอำนาจแม่เหล็กซึ่งมีกำลังแรงกว่าความแข็งของตัว โลหะที่ทำหน้าที่เป็นสวิทในส่วน ข. บังคับให้แผ่นโลหะทั้งสองสัมผัสกัน (สมมติว่าในสภาวะ ปกติเป็นแบบไม่สัมผัสกัน) เมื่อมีการเคลื่อนที่ ส่วน ก. ห่างออกจากส่วน ข. ทำให้อำนาจ แม่เหล็กจากส่วน ก. น้อยลงจนกระทั่งไม่สามารถบังคับให้แผ่นโลหะทั้งสองสัมผัสกันได้อีกต่อ หนึ่ง แผ่นโลหะส่วนที่อ่อนกว่าที่ทำหน้าที่เป็นส่วนเคลื่อนไหวจะดึงตัวออกจากแผ่นโลหะอีกส่วน หนึ่งกลับคืนเข้าสู่สภาวะปกติตามเดิม ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทแม่เหล็กที่ใช้หรีดรีเลย์ใน ลักษณะนี้จะทนกระแสได้ต่ำ เช่น .2 แอมป์ ที่ 50 โวลต์ ดี.ซี. เป็นต้น จึงไม่ควรไปใช้ กับระบบที่ใช้ไฟสูงๆ เพราะจะทำให้หน้าสัมผัสเกิดการสึกหรอหรือหลอมละลายติดกันเนื่อง จากผลของการอาร์คเมื่อเกิดการปิด เปิดหน้าสัมผัสของแผ่นโลหะทั้งสอง

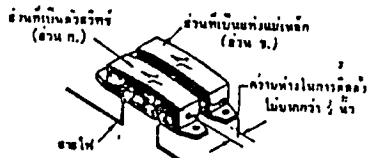
ส่วนตัวตรวจจับสัญญาณแบบสองสภาวะนั้น โครงสร้างภายในมักจะเป็นดังรูปที่ 1.3



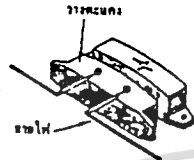
รูปที่ 1.3 แสดงโครงสร้างของตัวตรวจจับสัญญาณแบบสองสภาวะ

จากรูปที่ 1.3 โลหะส่วน A จะเป็นส่วนที่สามารถเคลื่อนไหวได้ โดยมีปลายข้างหนึ่งยื่นอยู่กับแผ่นโลหะที่จะต่อสายสัญญาณเป็นสายกลาง (Common) และมีสปริงดึงให้ปลายอีกข้างหนึ่งของโลหะ ส่วน A ไปสัมผัสกับโลหะส่วน B ในสภาวะที่ส่วน ก. ถกนำมาไว้ใกล้กับส่วน ข. อำนาจแม่เหล็กของ ส่วน ก. จะส่งไปดึงให้แผ่นโลหะส่วน A มาติดกับแผ่นโลหะส่วน C เมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นผลให้ส่วน ก. ออกจากส่วน ข. ทำให้แรงแม่เหล็กที่ส่วน ข. ได้รับอ่อนกำลังลง จนในที่สุดสปริงจะดึงโลหะส่วน A ให้กลับไปสัมผัสกับโลหะส่วน B ตามเดิม ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทแม่เหล็กชนิดนี้จะมีราคาแพงกว่าแบบที่เป็นทรินิเรลย์ แต่น่าใช้กว่าเพราะทนกระแสดีมากกว่า เช่น .5 แอมป์ ที่ 250 โวลต์ ดี.ซี. เป็นต้น และอีกประการหนึ่ง คือสามารถเลือกใช้ได้เสมอไม่ว่าส่วนควบคุมจะต้องการตัวตรวจจับสัญญาณเป็นแบบสภาวะปกติเปิด หรือสภาวะปกติปิดก็ตาม

การติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทแม่เหล็กมักจะมีลักษณะการวางอยู่ 2 แบบดังรูปที่ 1.4 ซึ่งก็แล้วแต่ความเหมาะสม



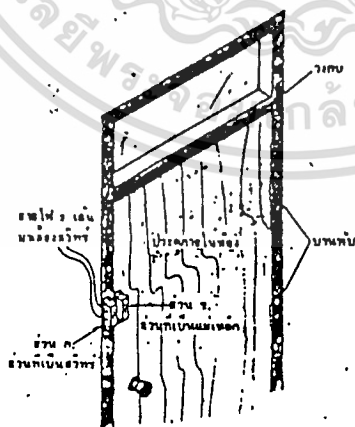
การวางลักษณะที่ 1



การวางลักษณะที่ 2

รูปที่ 1.4 เพื่อความสะดวกในการติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิตช์แม่เหล็ก ลักษณะการวางสามารถกระทำได้ 2 แบบ

การติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิตช์แม่เหล็กมักจะติดส่วน ก. ไว้ในส่วนที่เคลื่อนที่ เช่นบานประตู ส่วนส่วน ข. จะไว้ที่วงกบ เพราะส่วน ข. จะเป็นส่วนที่ต้องต่อกับสายส่งสัญญาณ ถ้านำส่วน ข. ไปติดไว้กับบานประตูจะทำให้เกะกะสายส่งสัญญาณ เมื่อเวลาปิดเปิดประตู หรือหน้าต่างจะทำให้สายส่งสัญญาณขาดได้ ทั้งตัวตรวจจับสัญญาณและสายส่งสัญญาณควรจะต้องติดตั้งอยู่ในตัวอาคารเพื่อป้องกันการแกะหรือตัดสาย การวางตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิตช์แม่เหล็กควรจะต้องอยู่ขอบด้านบนของประตูหรือหน้าต่าง และอยู่ด้านตรงข้ามหรือห่างจากด้านที่ติดบานพับที่ใช้ยึดติดตัวประตูหรือหน้าต่างกับวงกบ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงตัวอย่างการติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิตช์แม่เหล็กกับบานประตู

จากรูปที่ 1.5 ขณะเมื่อประตอยู่ในสภาพปิดเรียบร้อย ตัวสวิททางกลในส่วน ข. จะถูกอำนาจแม่เหล็กกระทำอยู่ แม้เมื่อผู้บกรกดประตูและแง้มประตูเข้ามา อำนาจแม่เหล็กจากส่วน ก. จะอ่อนลงเนื่องจากส่วน ก. ห่างออกไป ทำให้ตัวสวิททางกลในส่วน ข. เปลี่ยนตำแหน่งทันที ผลการเปลี่ยนสภาวะของส่วน ข. นี้จะถูกจับได้โดยส่วนควบคุมอีกทีหนึ่งโดยทั่วๆ ไปแล้ว บานเปิดมาตรฐาน เช่น ประตู หน้าต่างแง้ม มักจะใช้ตัวตรวจจับแบบสวิทแม่เหล็กเป็นส่วนใหญ่

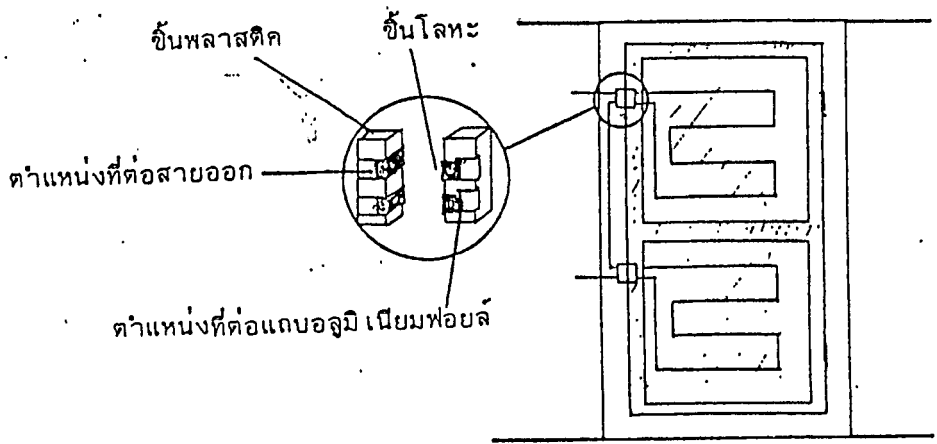
### 1.2 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium foil)

ตัวตรวจจับสัญญาณแบบนี้อาศัยหลักการติดแถบอลูมิเนียมฟอยล์บางๆ ไว้ตามกระจกหน้าต่าง หรือบานประตู โดยทำการตบแต่งให้สวยงาม จุดประสงค์หลักก็คือ การป้องกันการกรีดกระจกหรือทาบกระจก เพราะเมื่อมีการกรีดหรือทาบกระจกบริเวณที่ติดแถบอลูมิเนียมฟอยล์ไว้ จะทำให้แถบอลูมิเนียมฟอยล์ ฉีกขาดออกจากกันเปรียบเสมือนลิวท์ทำการเปิดวงจรอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งอลูมิเนียมฟอยล์ ดังรูปที่ 1.6 อันประกอบด้วยแถบอลูมิเนียมฟอยล์เข้ากับสายส่งสัญญาณ อลูมิเนียมฟอยล์บางชนิดจะทำการเคลือบกาวไว้ให้เรียบร้อยแล้วก็สามารถนำไปติดกับกระจกได้เลย

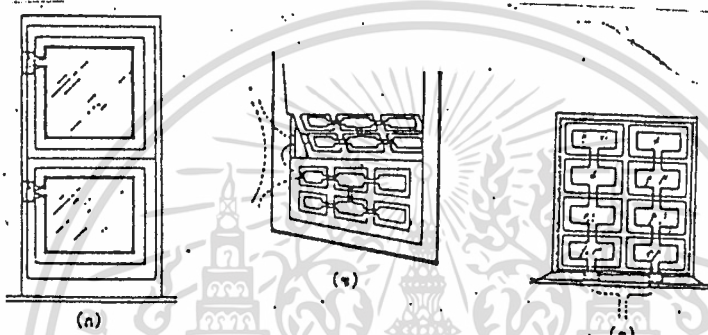


รูปที่ 1.6 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณแบบอลูมิเนียมฟอยล์

สำหรับการติดตั้งอลูมิเนียมฟอยล์เข้ากับบานประตูหรือบานหน้าต่างนั้น มักจะใช้กับตัวเชื่อมต่อระหว่างบานประตูหรือบานหน้าต่างที่เคลื่อนที่กับส่วนวงกบ นั่นคือ ทั้งสองส่วนของตัวเชื่อมต่อเมื่อวางติดกันจะมีโลหะสัมผัสกันอยู่ตลอดเวลาทำให้วงจรทางด้านอลูมิเนียมฟอยล์ส่งผ่านมายังสายส่งสัญญาณทางด้านที่ติดไว้กับวงกบได้ เมื่อทำการปิดประตูหรือหน้าต่างทำให้ไม่ต้องมีสายส่งสัญญาณเกะกะ ลักษณะการติดตั้งพอยกตัวอย่างได้ดังรูปที่ 1.7 และ 1.8



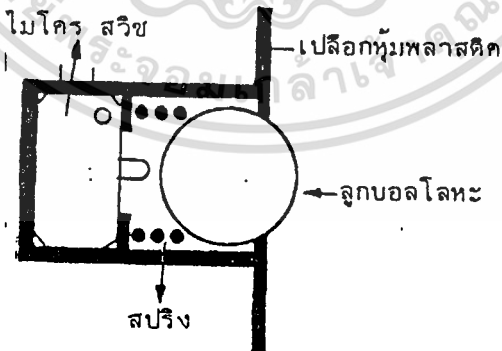
รูปที่ 1.7 แสดงการติดตั้งแถบอลูมิเนียมพอยล์เข้ากับบานประตู



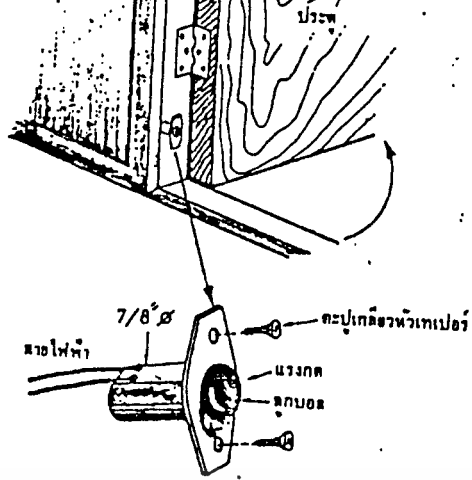
รูปที่ 1.8 แสดงการติดตั้งแถบอลูมิเนียมพอยล์กับบานหน้าต่าง

1.3 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนในวงกบ

ตัวตรวจจับสัญญาณแบบนี้ได้ถูกออกแบบมาให้ซ่อนไว้ในวงกบของบานประตูหรือบานหน้าต่าง มีลักษณะดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนในวงกบ



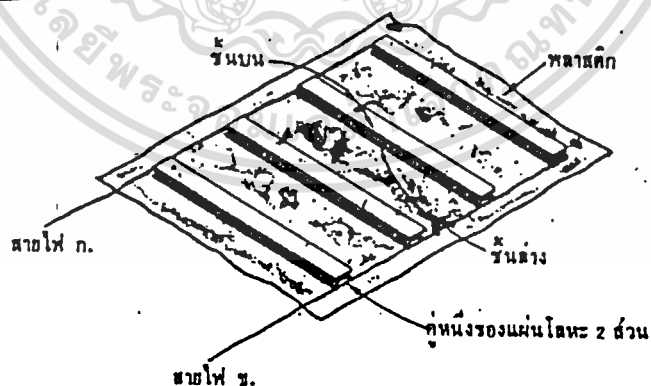
• ไร้กระบวนวงจรปิด

รูปที่ 1.10 การใช้ตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนในวงกบ

จากรูปที่ 1.9 จะเห็นลักษณะโครงสร้างภายในของตัวตรวจจับสัญญาณชนิดนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย ไมโครสวิตช์ สปริงที่ใช้ดันลูกบอลให้โผล่ออกมาและตัวลูกบอลซึ่งเป็นโลหะ ในรูปที่ 1.10 เมื่อบานประตูปิดสนิท ลูกบอลจะถูกกดให้จมลงไป ส่วนหลังของลูกบอลจะกดสวิตช์ของไมโครสวิตช์ทำการปิดหน้าสัมผัส ถ้าบานประตูถกแง้มออก สปริงภายในก็จะดันลูกบอลให้คืนตัวออกมาเป็นผลให้ส่วนหลังของลูกบอลไม่กดสวิตช์ของไมโครสวิตช์ หน้าสัมผัสของไมโครสวิตช์ก็จะเปิดออกจากกันทันที การใช้ตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนในวงกบค่อนข้างจะติดตั้งลำบาก เพราะต้องมีการเจาะฝังลงไปใวงกบและต้องทำช่องให้สายส่งสัญญาณออกจากวงกบด้วย โดยสาเหตุนี้จึงไม่ค่อยนิยมใช้กันมากนัก

#### 1.4 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนใต้พรม (Mat sensor)

ตัวตรวจจับสัญญาณชนิดนี้เป็นแบบที่นิยมใช้กันแพร่หลายแบบหนึ่ง มีลักษณะดังรูปที่ 1.11

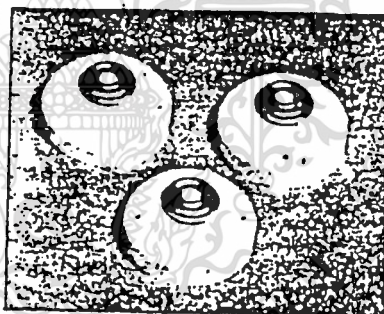


รูปที่ 1.11 แสดงลักษณะของตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนอยู่ใต้พรม

จากรูปที่ 1.11 ตัวตรวจจับสัญญาณจะทำด้วยแผ่นโลหะสองส่วนประกบกันเป็นคู่ โดยที่แผ่นโลหะทั้งสองจะไม่สัมผัสถึงกัน แผ่นโลหะคี่จะถูกนำมาวางขนานกันไปแล้วอาจเคลือบไว้ด้วยพลาสติกเป็นผืน แผ่นโลหะด้านบนแต่ละแผ่นจะถูกต้องถึงกันด้วยลวดตัวนำ ก. ส่วนแผ่นโลหะด้านล่างจะถูกเชื่อมถึงกันด้วยลวดตัวนำ ข. เมื่อมีน้ำหนักรถอาจเป็นคนหรือสิ่งของใดๆ ก็ตาม มากตกลงบนผืนพลาสติกจะทำให้โลหะด้านบน ข. สถานที่ติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณชนิดนี้มักจะซ่อนไว้ใต้พรม เช็ดเท้าบริเวณบันไดขึ้นลงเป็นส่วนมาก

### 1.5 ตัวตรวจจับความร้อน (Heat sensor)

ปัจจุบันตัวตรวจจับความร้อนที่มีขายกันในท้องตลาดมีอยู่ 2 หลักการด้วยกันคือ แบบแรกจะเป็นตัวตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ (Fixed temperature heat sensor) ดังรูปที่ 1.12 ตัวตรวจจับความร้อนแบบนี้ในสภาวะปกติแล้วสวิทช์ที่อาศัยผลของความร้อน (Thermal switch) จะอยู่ในสภาพเปิดวงจร เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดๆ หนึ่ง สวิทช์จะปิดหน้าสัมผัสเข้าหากันทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น ตัวอย่างที่นำมาแสดงในรูปที่ 1.12 สวิทช์จะลัดวงจรเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 60 องศาเซ็นติเกรด โดยมีความผิดพลาด  $\pm 5$  องศาเซ็นติเกรด การติดตั้งควรจะต้องติดตั้งไว้ตามฝ้าเพดานในตำแหน่งที่คิดว่าจะตรวจจับการเกิดไฟไหม้ได้ดีที่สุด พื้นที่ในการตรวจจับต่อตัวโดยทั่วๆ ไป ประมาณไม่เกิน 900 ตารางฟุต (ตามที่ระบุใน UL listed no. 746H)



รูปที่ 1.12 แสดงตัวตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่

แบบที่สองของตัวตรวจจับความร้อนนี้เป็นแบบตรวจจับทั้งอุณหภูมิคงที่เหมือนแบบแรกพร้อมกับ การตรวจจับอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ กล่าวคือ ถ้าอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิล่วงหน้าถึงขนาด 5 องศาฟาเรนไฮต์ ต่อ 20 วินาที แล้วตัวตรวจจับจะทำงานทันที การติดตั้งก็เช่นเดียวกับแบบแรกคือ ติดใต้ฝ้าเพดานโดยหันหัวกล้อง ตัวตรวจจับมาตรฐานแบบนี้จะครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 2,500 ตารางฟุตได้ (ตามที่ระบุใน UL listed no. 759G) ลักษณะเป็นดังรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.13 แสดงตัวตรวจจับความร้อนแบบตรวจจับอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ  
(Rate to rise heat sensor)

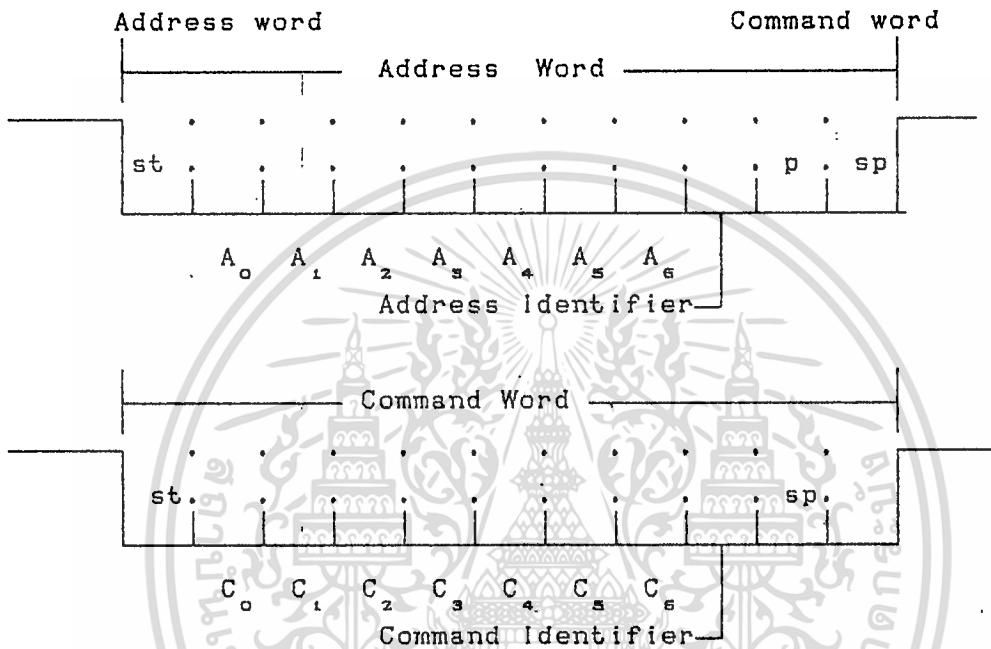


## บทที่ 2

### ข้อกำหนดและรูปแบบของการรับส่งข้อมูล

การรับส่งข้อมูล มีหลักการดังนี้

2.1 IBM - AT จะส่งข้อมูลติดต่อสื่อสารการ AFD ASD ผ่านทาง Serial port com 1 และ com 2 ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ข้อมูลที่ส่งออก com1, com2

$A_0$ - $A_6$  เป็นค่าของ Address จะเห็นได้ว่ามี Address อยู่ 7 bit ดังนั้นจะมีขีดความสามารถใน Address ได้  $2^7 = 128$  Address นั้นหมายความว่าใน 1 port หรือ 1-channel จะมี AFD, AFS ได้สูงสุด 128 ตัวและมี Address ไม่ซ้ำกันเลย.

Address Identifier เป็น bit ที่บอกให้ทราบว่า word นี้เป็น Address word ปกติจะมีค่าเป็น "1"

ST คือ Start bit เป็น bit ที่บอกให้ทราบว่า เป็น bit เริ่มต้นของ Address word

SP คือ Stop bit เป็น bit ที่บอกให้ทราบว่า เป็น bit สุดท้ายของ Address word

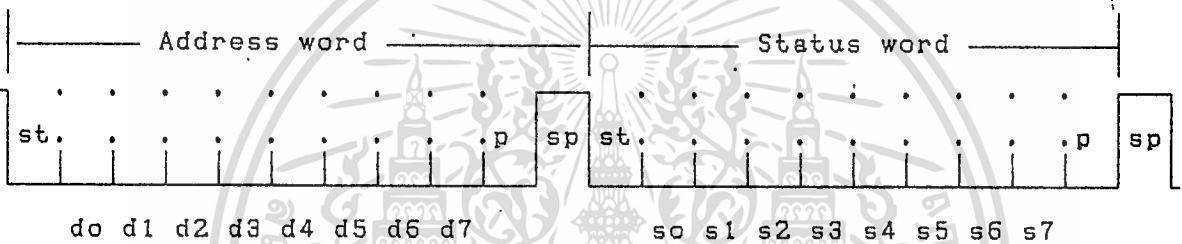
P คือ Parity ใช้สำหรับบอกให้ทราบว่าข้อมูลที่ส่งไปเป็นคู่ หรือคี่

$C_0 - C_6$  เป็นค่าของ Command word มีขีดความสามารถส่งการไปควบคุมได้เท่ากัน  $2^7 = 128$  คำสั่งโดยไม่ซ้ำกันใน 1-pool หรือ 1-channel

Command Identifier เป็น bit ที่บอกให้ทราบว่า word นี้เป็น Command word ปกติมีค่าเป็น "0"

การส่งข้อมูลจะส่งข้อมูลในแต่ละครั้งจะส่งออกทีละ 2 Word Word แรกเป็น Address word Word สองเป็น Command word

## 2.2 การรับข้อมูลของ Com1 และ Com2



รูปที่ 2.2 การรับข้อมูลของ Com1, Com2

เมื่อ AFD และ ASD รับข้อมูลจาก Com1, และ Com2 แล้วจะทำการเปรียบเทียบ Address word ว่า Address math กันหรือไม่ ถ้า Match กันก็จะ echo Address นั้นแล้วพร้อมทั้ง Status word

$ID_0 - ID_7$  เป็นค่าของ Address ที่ Match กันที่ AFD, ASD echo กลับไปที่ Com1, และ Com2

$S_0 - S_7$  เป็น bit ที่แสดงสถานะต่างๆของ AFD, ASD เช่น สถานะปกติ, สถานะ Alarm เป็นต้น

บทที่ 3

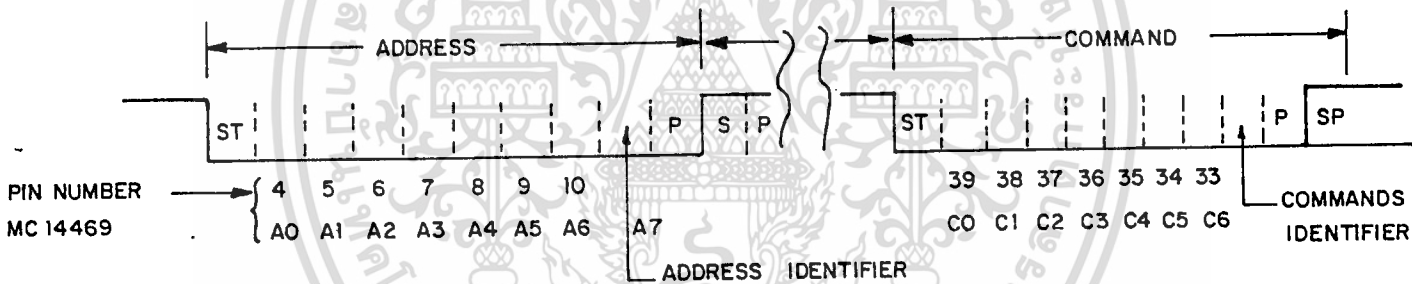
Addressable Security Detector

1. หน้าที่

ทำหน้าที่สำหรับตรวจรับสัญญาณจาก Magnetic switch ซึ่งตัว Magnetic switch จะถูกติดตั้งไว้ตามประตูในหลายๆ ที่ต้องการจะทำการป้องกันการโจรกรรม และจะส่งสัญญาณนั้นไปยัง Central guard เพื่อให้พนักงานรักษาความปลอดภัยทราบเหตุการณ์

2. รูปแบบในการรับส่งข้อมูล

2.1 การรับข้อมูลแบบอนุกรม (Serial data bit) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้.



รูปที่ 1

รูปที่ 1 แสดงให้เห็นรูปแบบในการรับข้อมูลในลักษณะอนุกรม ซึ่งจะมี 2 word word ละ 8 bit ตามมาตรฐานจะไม่นับ ST, SP bit เข้าไปด้วย ( SP = stop bit, ST = start bit, P = Parity bit)

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่า CPU ส่ง Serial data bits มายัง Addressable security detector 2 word คือ Address word และ Command word (Command word จะเลือกส่งหรือไม่ส่งก็ได้)

2.1.1 Address word ประกอบด้วย bit ต่างๆ ดังนี้.

- Address คือ A<sub>0</sub> , A<sub>1</sub>..... A<sub>6</sub> ซึ่งเป็นค่าของ Address สำหรับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

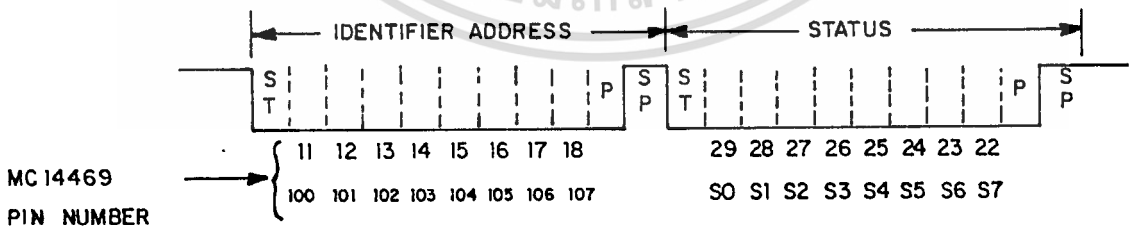
Sensor ต่างๆ ในที่นี้คือ Addressable Security detector จะมีค่าได้เท่ากับ  $2^7 = 128$  ตัวโดยไม่ซ้ำกัน

- Address Identifier คือ  $A_7$  เป็น bit ที่แสดงสถานะบอกให้ Addressable Security detector ทราบว่า word ที่ส่งมา คือ Address word ในที่นี้กำหนดให้ค่าเป็น "1"
- Parity bit ไม่ได้นำมาใช้
- Start bit จะมีอยู่ 1 bit แสดงสถานะเป็น "1" เพื่อที่จะเป็นตัวบอกให้ Addressable Security detector ทราบว่าสิ้นสุด Address word แล้ว

2.1.2 Command word มีรูปแบบคล้ายกับ Address word แต่จะต่างกันตรงที่  $C_0, C_1, \dots, C_9$  เป็น bit ที่ใช้ส่งไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ตามที่ความต้องการ โดยกำหนดให้ "1" คือ "ON" และ "0" คือ "OFF" ส่วน Command Identifier bit นั้นจะเป็น bit เพื่อบอกให้ Addressable Security detector ทราบว่าเป็น command word โดยในที่นี้กำหนดให้มามีค่าเป็น "0"

- Speed ในการส่งข้อมูล ใช้ความเร็ว 4800 bit/sec.

2.2 การส่งแบบอนุกรม (Transmit data bit) สำหรับรูปที่แสดงได้ Invert แล้วมีรูปดังนี้



รูปที่ 2

จากรูปที่ 2 Security detector จะส่งในลักษณะ 2 word คือ เป็น Identifier Address และ Status word สามารถอธิบายได้ดังนี้

2.2.1 Identifier Address ;  $ID_0 \dots \dots \dots ID_7$  จะเป็นค่า Address ของแต่ละ Sensor ส่วน  $ID_7$  ถูก set ให้เป็น "1" เพื่อที่จะบอก CPU ให้รู้ว่า เป็น Address word ซึ่งค่า Address ต่างๆนี้จะต้อง Match กับ Address ที่ CPU ส่งมาในข้อ 2.1 ส่วน stop bit, start bit ทำหน้าที่เหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 2.1

2.2.2 Status word เป็น word ที่บอกสถานะของ Sensor ในที่นี้คือ Addressable security detector ว่าอยู่ในสถานะอย่างไร ซึ่งจะได้กล่าวอย่างละเอียดในหัวข้อการทำงาน (ข้อ 3) ต่อไป

### 3. การทำงาน

เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน จะแยกวงจรออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

#### 3.1 การรับสัญญาณจาก Magnetic Switch (ดูรูปที่ 3)

จากรูปที่ 3. ที่ Z5-B, Z5-C ต่อในลักษณะ 4 wire loop โดยมี Magnetic switch ต่อในลักษณะ Normally closed contact และมี  $Q_1$  ต่ออยู่ในลักษณะไม่ทำงาน ซึ่งจะแยกอธิบายเป็น 4 สถานะ คือ

- สถานะปกติ (Normal state)
- สถานะแจ้งสัญญาณ (Alarm) หรือ สถานะเปลี่ยน (change of state)
- Security / Access Mode
- Test Mode

3.1.1 สถานะปกติ A1-A จะทำหน้าที่เป็น clock generator ผลิตความถี่ 50Hz square wave ส่งไปควบคุมการทำงานของ Analog switch Z5-A, Z5-D (CD 4066) ที่ขา 13, 5, 6, และ 12 ตามลำดับ ดังนั้นจะมีกระแส I ไหลจาก +V ผ่านขา 1,2 ของ Z5-A ผ่าน loop AB ผ่าน  $R_{e1}$  (end of line Resistor) ผ่าน CD loop ผ่าน  $R_{e0}$  //  $V_{R1}$ , Z5-D ลง Ground กระแสไหลประมาณ 10 mA เกิด Voltage ที่จุด C (V) ซึ่งจะไป compare กับ

$V_1, V_2$  โดย Op Amp A1-B, A1-C ตามลำดับ Op Amp A1-B จะทำหน้าที่ให้สัญญาณ Alarm (กรณีประตูเปิด) ส่วน A1-C จะให้สัญญาณ Alarm (กรณีถูกตัดสาย) ซึ่งมีเงื่อนไขดังนี้

ถ้า  $V_1 > V_D$  A1-B ให้ O/P = 0 ในสภาวะปกติ

$V_2 < V_D$  A1-C ให้ O/P = 1 ในสภาวะปกติ

Z1 เป็น 7-stage binary counter (4024 B) จะถูก Reset ให้  $Q_1, Q_2$  เป็น "0" นั่นคือ O/P ของ Z7 ที่ขา 6 จะเป็น "0" ด้วย (สภาวะปกติ)

3.1.2 สภาวะการแจ้ง Alarm ในระบบป้องกันภัยจากการโจรกรรม หรือผู้ไม่ประสงค์ดี อาจจะมาทางหน้าต่าง หรือ ประตู หรือจะเข้ามาโดยการตัดสายก็ตาม เราจะต้องสามารถป้องกันไว้ให้ได้ทั้งหมด.

- สภาวะ Alarm เนื่องจากการเปิดประตู หรือ หน้าต่าง

อธิบายการทำงานได้จากรูปที่ 3 ดังนี้

เมื่อประตูเปิด Magnetic switch จะทำงาน คือ closed circuit short  $R_{e1}$  เอาไว้ทำให้กระแส I ใน loop เพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้  $V_D$  เพิ่มมากขึ้น ( $V_D = IR$ )  $V_D$  จะถูกป้อนไปที่ขา 7 ของ A1-B (เป็นวงจร comparator) จะได้ว่า  $V_D > V_1$  ทำให้ O/P ของ A1-B เป็น "1" สมมุติว่าขณะนั้นประตูถูกเปิดค้างไว้ O/P ของ A1-B เป็น "1" ตลอด counter Z1 จะยังไม่นับ จะนับเฉพาะ Negative going clock ที่ขา 1 เท่านั้น O/P ของ Z1 คือ  $Q_1, Q_2$  จะเป็น "0" (เพราะถูก Reset เอาไว้ขณะที่อยู่สภาวะปกติ (ข้อ 3.1.1) ดังนั้น OR gate Z7 จะให้ O/P เป็น 1 (1+0+0) ซึ่งเป็นสัญญาณแจ้ง Alarm ( $AL_1-1$ ) และคงสภาวะเป็น "1" ค้างอยู่ แม้ประตูจะปิดแล้วก็ตาม จนกว่า CPU จะ request data จาก Addressable security detector และ Reset ให้  $AL_1-1$  เป็น  $AL_1-0$  พร้อมทั้งจะรับสภาวะใหม่ต่อไป

- สภาวะแจ้ง Alarm เนื่องจากสายถูกตัด

ขอย้อนกลับไปตอนอยู่ในสภาวะปกติ (Normal state)  $V_2 < V_D$  O/P ของ A1-C จะเป็น "1" (การทำงานของ Z5-B, Z5-C จะไม่มีผลในวงจรเพราะ จุด AB, CD ถูก short อยู่) เมื่อสายขาด สมมุติที่ loop AB (จุด X) จะทำให้ที่จุด AB ไม่ถูก short อีกต่อไป  $R_{e2}$  ของ Z5-B จะต่ออนุกรมกับวงจรที่จุด AB ผลก็คือจะทำให้กระแส I ในวงจร

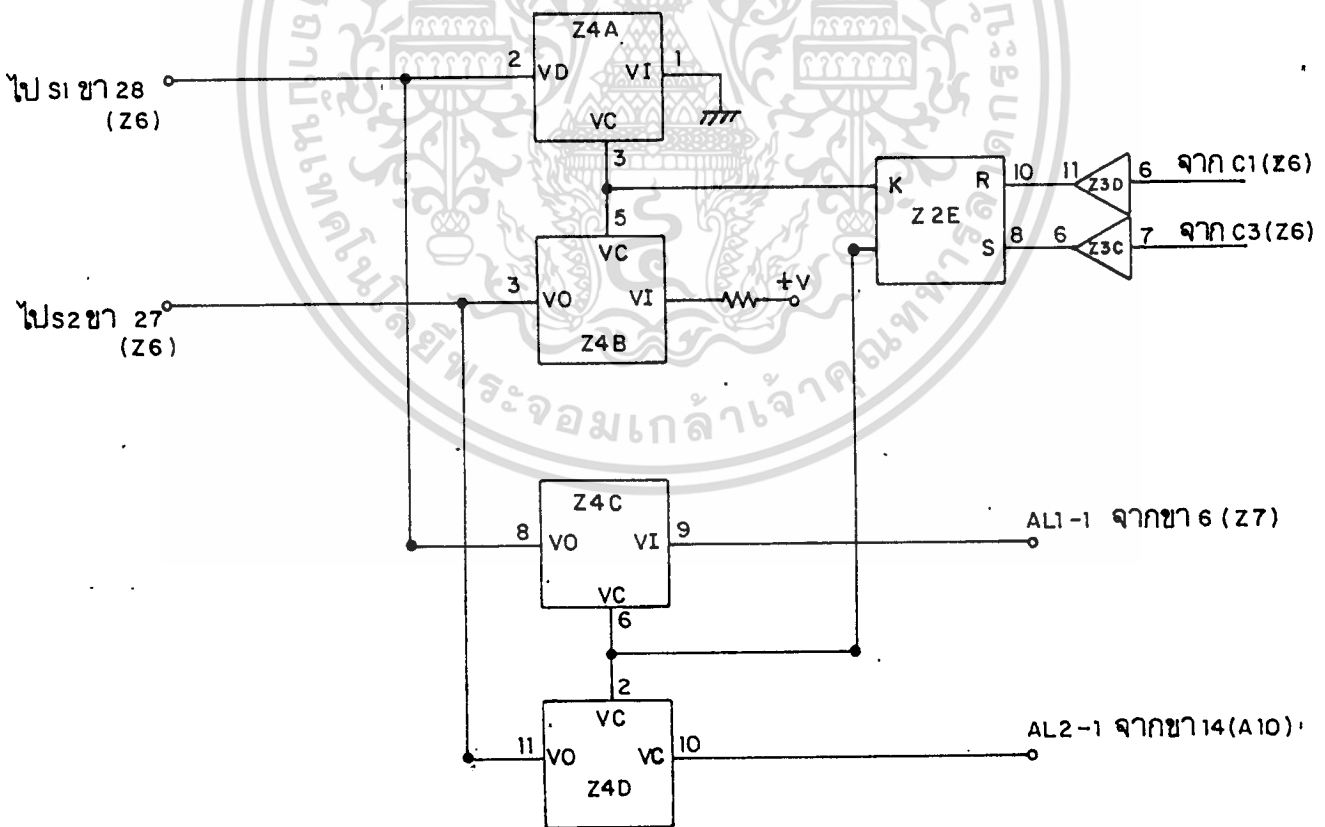


ลดลง (ประมาณ 40 % ของ I ในสภาวะปกติ) Voltage ที่จุด D คือ  $V_D$  จะลดลงด้วย ผลก็คือวงจร Comparator A1-C จะให้ O/P เป็น 0 ;  $(V_2 > V_D)$  กำหนดให้เป็นสัญญาณแจ้ง Alarm  $AL_2-0$

### 3.1.3 Security / Access Mode ทำหน้าที่ดังนี้ คือ

- Security Mode หมายถึงในเวลาใดก็ตามที่เราไม่ต้องการให้บุคคลใดเข้าไปในบริเวณที่เราหวงห้าม เราจะสั่งให้ระบบทำงานใน Security mode ถ้ามีบุคคลใดเข้าไปก็จะแจ้ง Alarm เช่นในเวลากลางคืน เป็นต้น
- Access Mode จะตรงข้ามกันคือ บริเวณใดก็ตามที่เราต้องการให้บุคคลผ่านเข้าออกได้โดยไม่แจ้ง Alarm เช่นในเวลากลางวัน เป็นต้น

ลักษณะการทำงานจะสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการทำงานของ Security / Access Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Security Mode CPU จะส่ง Command word มาที่ Z6 ให้  $C_1 = 0$  ;  $C_0 = 1$  R-S F/F Z2-B จะอยู่ในสภาวะ Set Mode  $ce = 1$ ,  $Q = 0$  เมื่อ  $Q = 1$  จะ drive Analog switch Z4-C, Z4-D ให้ทำงานต่อสัญญาณ  $AL_1-1$ ,  $AL_2-1$  ไปที่ Z6 ขา 28, 27 ตามลำดับ (การรับ-ส่งสัญญาณของ Z6 จะกล่าวในข้อต่อไป) ในขณะเดียวกัน Z4-A, Z4-B จะได้รับสัญญาณ  $Q = 0$  ทำให้ Analog switch cutoff

- Access Mode CPU จะส่ง Command word มาที่ Z6 โดยมี  $C_1 = 1$ ;  $C_0 = 0$  ไป Reset Z2-B ได้  $Q = 1$ ,  $Q = 0$  ซึ่งจะทำให้ Analog switch Z4-C, Z4-D cutoff สัญญาณ  $AL_1-1$ ,  $AL_2-1$  ไม่สามารถผ่านได้ ส่วน Z4-A, Z4-B จะทำงาน ส่งสัญญาณ "0" และ "1" ไปที่ขา 28 และขา 27 ของ Z6 ตามลำดับ ซึ่งสภาวะนี้คือ สภาวะปกติ (Normal state) ที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้แล้ว

3.1.4 Test Mode ทำหน้าที่สำหรับทดสอบความจรัับ Sensor ว่าเสียหรือไม่ สามารถกระทำได้ตลอดเวลา ทั้งโดยวิธีสั่งด้วย Manual และ Program ซึ่งจะให้เราทราบสภาวะการทำงานของ Addressable Sensor ได้ตลอดเวลา

4. การรับส่งข้อมูลระหว่าง Addressable Security Detector กับ CPU เป็นปริวิตญาณิพนธ์ของอีกกลุ่ม (.....)

การรับสัญญาณ หรือ data จาก CPU จะมีรูปแบบดังที่แสดงไว้แล้วในข้อ 2

จากรูปที่ 4 รูปที่อยู่ในเส้นประ เป็นปริวิตญาณิพนธ์ของอีกกลุ่ม (.....) ซึ่งจะกล่าวถึงวิธีการส่ง power และ data มาในคู่สายเดียวกัน โดยจ่าย power สำหรับเลี้ยงมาให้กับ Addressable Security Detector เพื่อให้สามารถทำงานได้

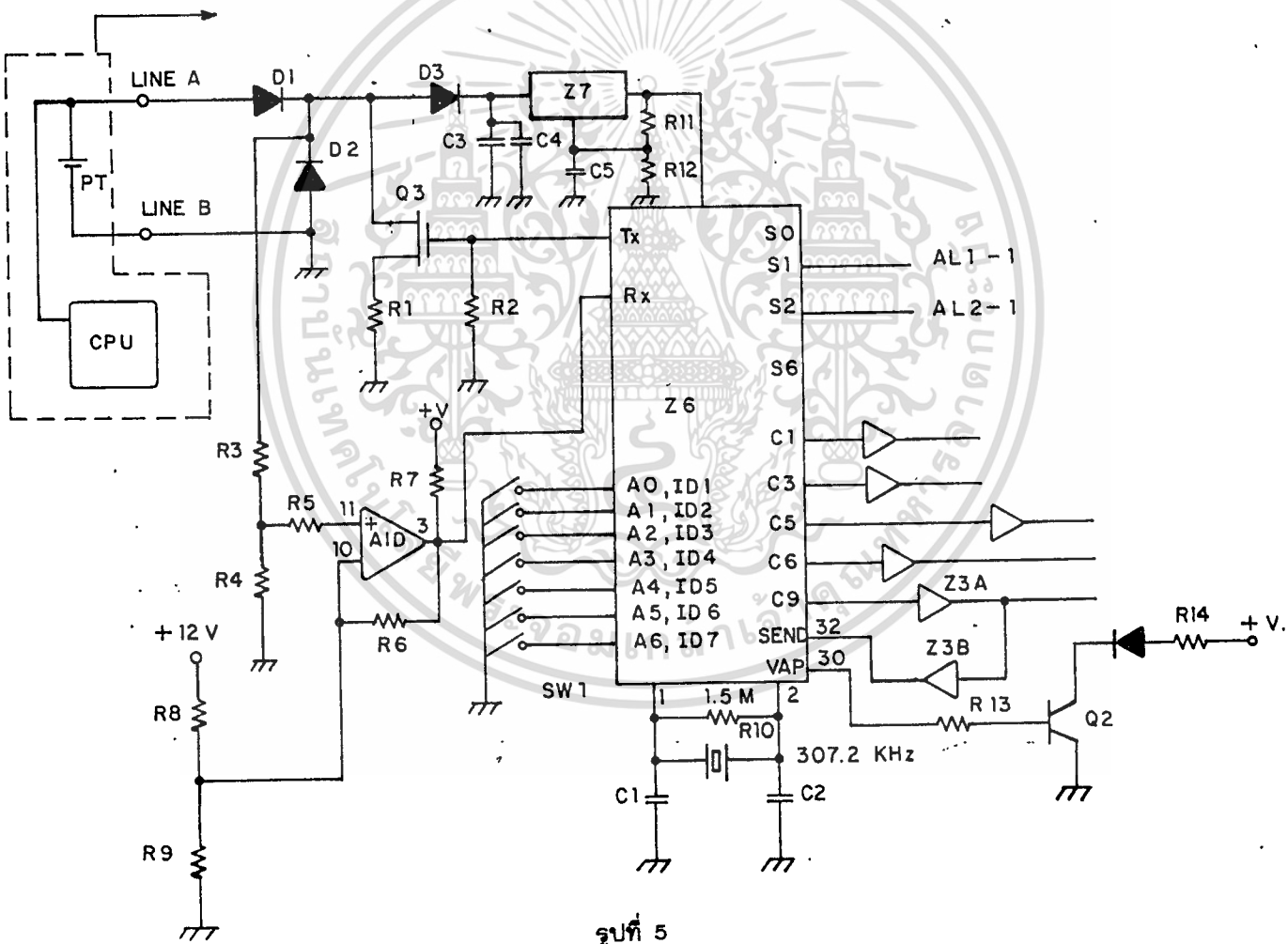
ในปริวิตญาณิพนธ์ ฉบับนี้ สมมติให้เป็น  $P_T$  (Power transmission line)

การทำงานอธิบายเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

- ส่ง Power ให้ Sensor
- รับ data จาก CPU
- ส่ง data ให้ CPU

4.1 สิ่ง power เนื่องจากเราสามารถที่จะใช้ data ที่ส่งมา แล้ว Rectified เป็น power จ่ายไปเลี้ยงวงจรของ sensor ทั้งหมดได้ แต่จะเกิดปัญหาเกี่ยวกับ wave shape ของ data ไม่ได้ ในกรณีที่ใช้ sensor มากๆ ก็จะเป็น load ดึงกระแสมาก ความผิดเพี้ยนของ Data อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การรับส่ง Data ผิดพลาดซึ่งเราไม่ต้องการ วิธีการแก้ไข ทำได้ 2 กรณี

- กรณีแรก เลือกออกแบบใช้ component ต่างๆ เป็น Low power ซึ่งเป็น การยากที่จะหา component ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวได้ครบในเมืองไทย จึงหลีกเลี่ยงไม่ใช้วิธีนี้.



- กรณีที่สอง ใช้วิธีการส่ง data สลับกับ power ภายในเวลาที่พอเหมาะก็สามารถที่จะทำให้ วงจรต่างๆ ทางด้าน sensor ทำงานได้ ซึ่งเป็นภาระประหยัดค่าใช้จ่ายดีกว่ากรณีแรก (ซึ่งวิธีการคำนวณ และรายละเอียดจะอยู่ในภาค power transmission line ของอีกกลุ่มหนึ่ง (.....) การส่ง power เป็นแบบ dc pulse 0 - 40 V อธิบายได้ดังนี้ (รูปที่ 5)

สมมติว่าในขณะที่เริ่มต้น CPU จะส่ง dc power pulse ( $P_T$ ) มาตาม Line A ผ่าน  $D_1$  และ  $D_5$  ตามลำดับ  $C_5$  เป็น Filter capacitor จะทำการ charge voltage ไว้จนเต็ม (เวลาในการส่ง power ต้องมากพอที่  $C_5$  charge จนเต็ม) Z7 เป็น voltage regulator O/P ออกมา + 10V จ่ายไปเลี้ยงวงจรต่างๆ ของ Addressable sensor.

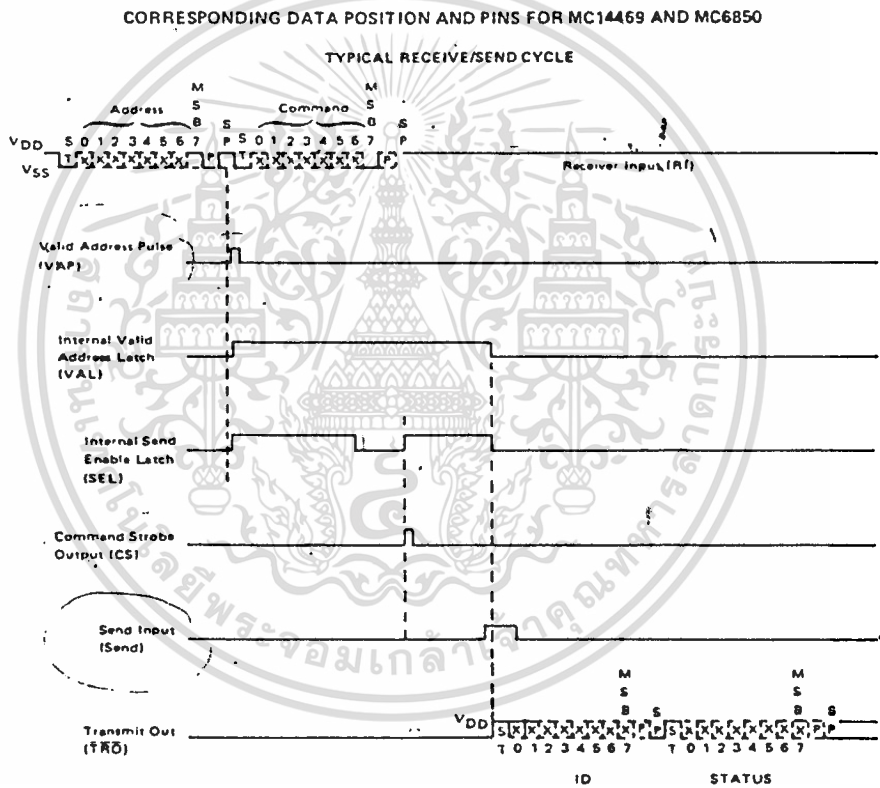
- 4.2 การรับ data จาก CPU อธิบายได้ดังนี้ (รูปที่ 5) หลังจาก CPU ส่ง dc power pulse แล้ว CPU จะส่ง data address word และ command word ในขณะเดียวกัน แต่มีระดับ 0 - 24 Volts มาตาม Line A ผ่าน  $D_1$  ส่วน  $D_5$  จะ Block data ไม่ให้ผ่าน (เพราะว่าที่ cathode D3 มี voltage ประมาณ 40 V ซึ่งมากกว่า Anode ดังนั้น D3 จึงถูก reverse bias) R3 และ R4 ทำหน้าที่เป็น voltage divider เพื่อลดขนาดของสัญญาณให้เหลือ 0 - 10 V บ่อนให้แก่วงจร comparator A1-D และส่งต่อไปยัง Rx ของ Z6 เมื่อ Z6 รับ data จะทำการตรวจสอบ เพื่อหาว่า data-word ที่ส่งมาว่าเป็น Address word หรือไม่ ถ้าไม่ใช่ก็จะอยู่เฉย ไม่ติดต่อ หรือตอบรับ CPU แต่ถ้าใช่ก็จะทำการเปรียบเทียบ (compare) Address word ที่รับได้ ถ้า address word ที่ถูก set ด้วย switch 1 Match (เหมือนกัน) ก็จะให้สัญญาณ Valid Address pulse (VAP) จะออกมาที่ขา 31 ซึ่งเราไม่ได้ใช้ ขณะเดียวกันก็ทำการตรวจ word ต่อไปว่าจะเป็น command word หรือไม่ ถ้าใช่ก็จะทำการ Latch command data มาไว้ที่ขา C0 - C7 ของ Z6 ซึ่งจะไปใช้ control วงจรต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว จากนั้นก็ให้ command strobe output (CS) ที่ขา 32 ของ Z6 เราสามารถเขียน Flow chart ใน mode การรับของ Z6 ได้

Flow chart ใน Mode รับผิดชอบแสดงไว้ในรูปที่ 6 , Timing diagram

- 4.3 การส่ง data ไปยัง CPU จากรูปที่ 5 CS pulse (1) ขา 32 ถูกส่งไปที่ขา 30 (SEND) ของ Z6 ผ่านทาง Z3-A, Z-3B Internal logic ภายใน Z6

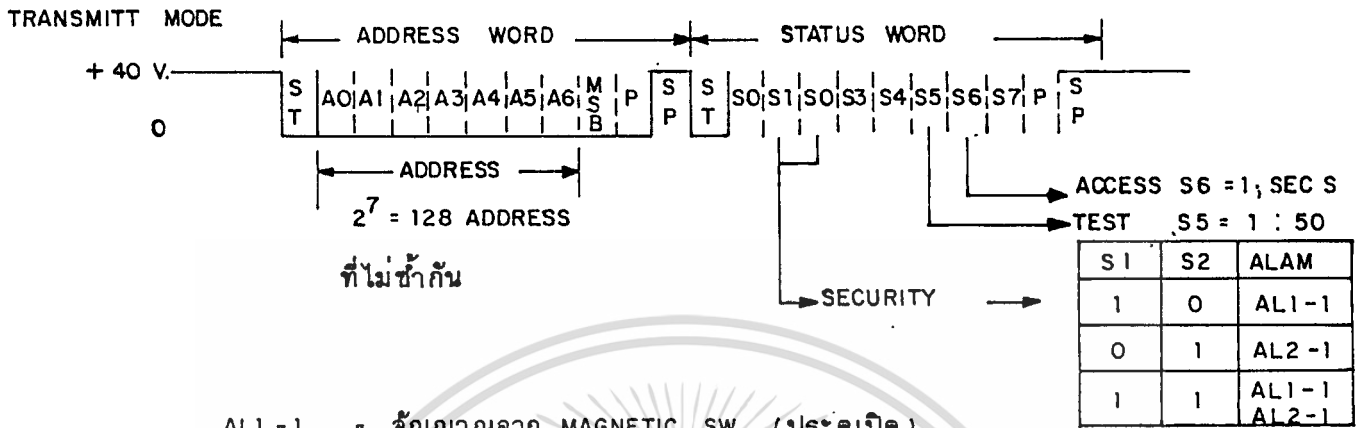
จะทำการตรวจสอบว่าที่ขา 30 (SEND) เป็น "1" หรือไม่ ถ้าพบว่าเป็น "1" ก็ latch data  $S_0 - S_6$  พร้อมกับส่ง data ไปให้ CPU 2 word คือ Address word (ID word) ให้ status word ( $S_0 - S_6$ ) Z6 ก็ส่ง data กลับไปยัง CPU ที่ขา 21 (Tx) สัญญาณ Tx จะไป drive MOS FET  $Q_3$  และ  $Q_5$  จะ Invert  $T_x$  ได้ Tx ส่งไปยัง CPU เพื่อให้ CPU รับ Tx ไปประมวลผลต่อไป

Flow chart ใน Mode ส่ง ได้แสดงไว้ในรูปที่ 7 ซึ่งแสดง Timing diagram ทั้งหมด

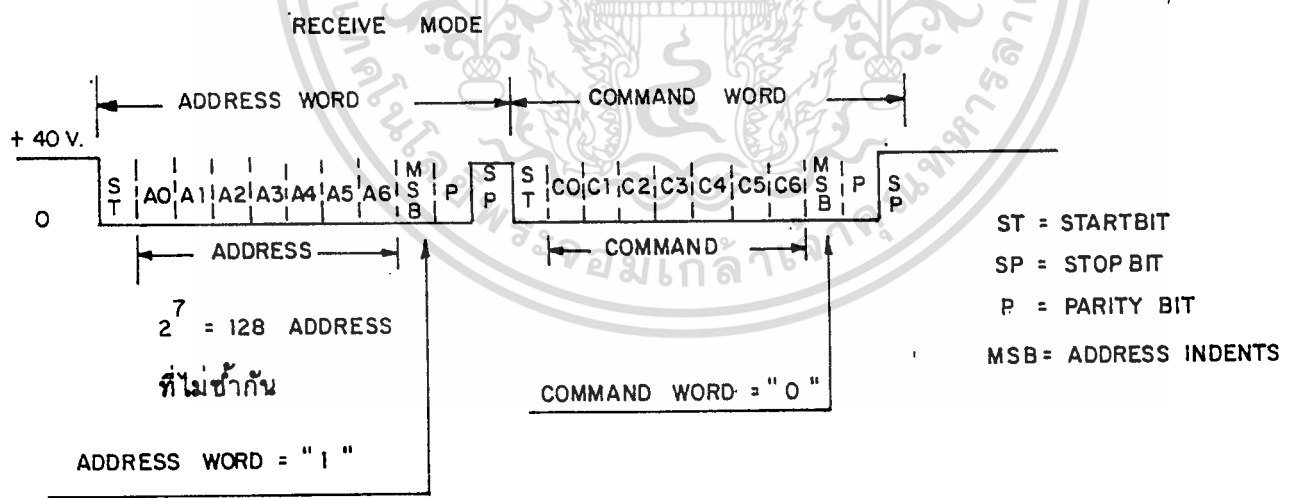


7-311

สรุปรูปแบบในการส่ง data ของ Addressable Security Detector คือ



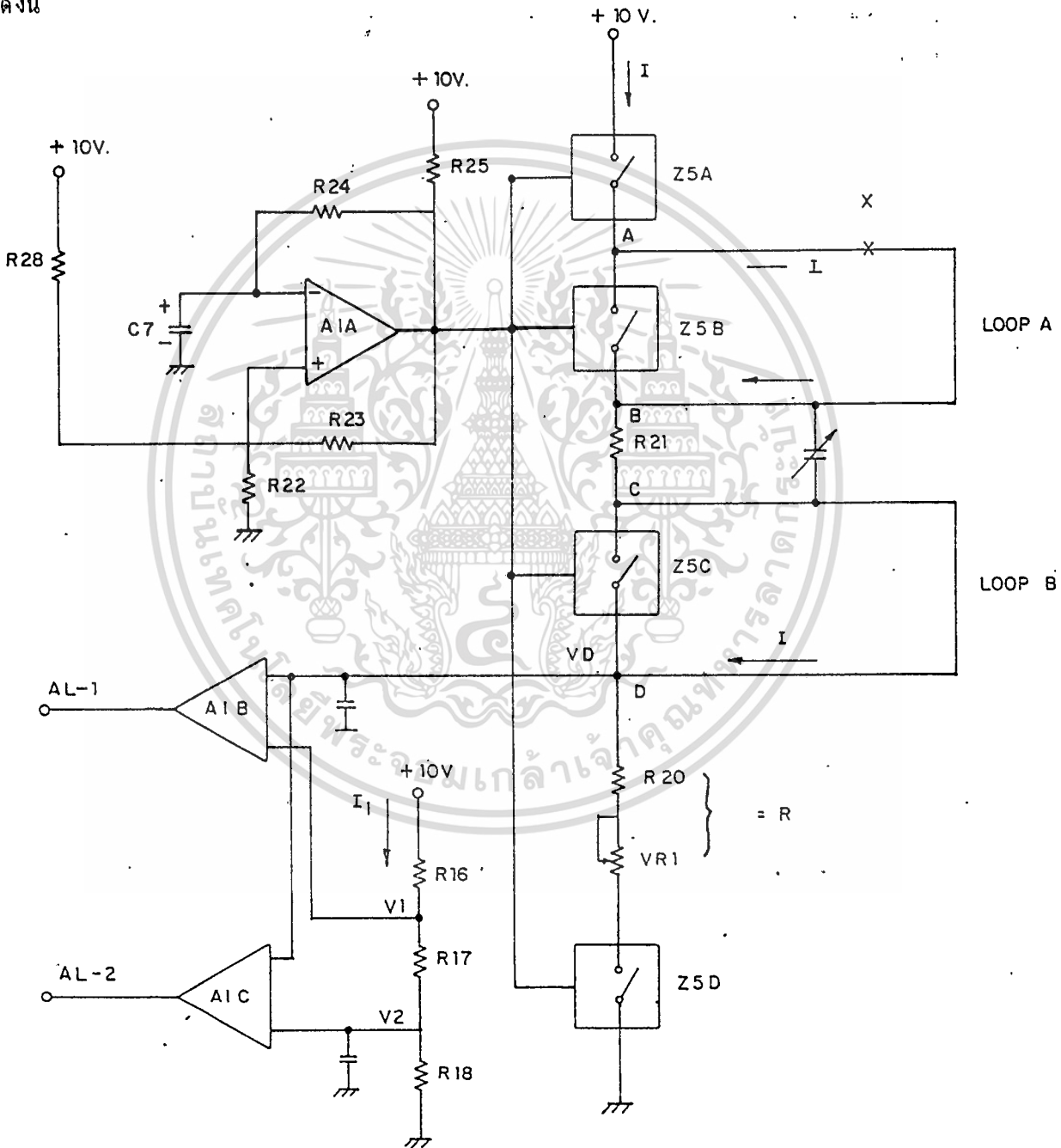
AL1-1. = สัญญาณจาก MAGNETIC SW. (ประตูเปิด)  
 AL2-1. = " " " " " ถูกตัดสาย



การออกแบบ Addressable Security Detector

จาก sheet #1 เราสามารถ Simplified ภาครับสัญญาณจาก Magnetic Switches

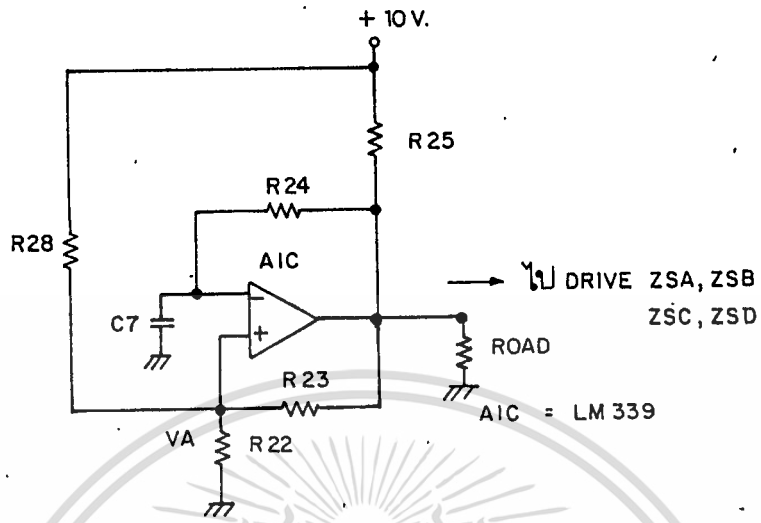
ได้ดังนี้



รูปที่ 4.1



จากรูปที่ 4.1 (ตัดเฉพาะ วงจร A1-C มาคำนวณ)

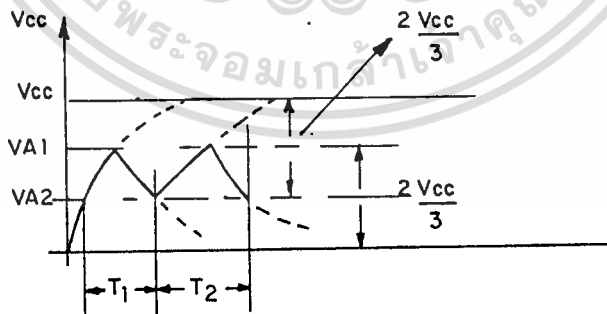


รูปที่ 4.2

ทฤษฎี

จากรูปที่ 4.2

- O/P frequency จะขึ้นอยู่กับ RC time constant ของ R24 และ C<sub>7</sub>
- Hysteresis ของ loop จะถูก Set ด้วย R<sub>25</sub>, R<sub>22</sub>, R<sub>23</sub>



แสดง WAVE FORM ที่จุด VA

สมมติว่าเริ่มแรกของการ oscillate ให้อ/P เป็น High (+10V) แรงดันที่จุด Negative I/P (A1-C) จะต้องน้อยกว่าแรงดันที่จุด Positive I/P ฉะนั้น  $C_7$  จะ discharge voltage ที่จุด positive I/P ( $V_{A1}$ ) จะถูกกำหนดโดย

$$V_{A1} = \frac{+V_{cc} R_{E2}}{R_{E2} + (R_{E2} // R_{E3})} \quad 4.1$$

$$\text{หรือ} \quad V_{A1} = \frac{+V_{CC} R_{E2} (R_{E3} + R_{E3})}{R_{E3} R_{E2} + R_{E3} R_{E3} + R_{E2} R_{E3}} \quad 4.2$$

$$R_{E2} = \frac{R_{E3} // R_{E3}}{V_{CC} - 1} \quad 4.3$$

จากสมการ 4.1 ให้อ  $R_{E3} = R_{E2} = R_{E3}$  จะได้

$$V_{A1} = \frac{2 V_{CC}}{3} \quad 4.4$$

$C_7$  จะ discharge ผ่านทาง  $R_{E4}$  จนกระทั่งถึง  $V_A$  (voltage ที่คร่อม  $C_7 = V_A$  ที่ขาของ positive I/P) A1-C ขณะนี้ทำหน้าที่เป็นวงจร voltage comparator จึงทำให้อ/P switch ลงมาเป็น 0 V ค่าของ  $V_A$  ก็จะลดลงโดย hysteresis network เป็น  $V_{A2}$  ซึ่งกำหนดได้โดย

$$V_{A2} = \frac{V_{CC} (R_{E2} // R_{E3})}{R_{E3} + R_{E2} // R_{E3}} \quad 4.5$$

$$\text{หรือ} \quad V_{A2} = \frac{+V_{CC} R_{E2} R_{E3}}{R_{E3} R_{E2} + R_{E3} R_{E3} + R_{E2} R_{E3}} \quad 4.6$$

$$V_A = V_{A1} - V_{AE} \quad 4.7$$

จาก 4.5 และ 4.6 แทนใน 4.7 จะได้

$$V_A = \frac{+V_{CC} R_{E0} R_{E2}}{R_{E0} R_{E2} + R_{E0} R_{E3} + R_{E2} R_{E3}} \quad 4.8$$

เพื่อความแน่ใจว่า  $V_A$  จะ swing จาก Vcc ถึง Ground ( $V_0 = 0$ ) จึงต้องเลือก

$$R_{\text{pull up}} = R_{E5} < R_{\text{LOAD}} \quad 4.9$$

$$R_{E3} > R_{E5} \quad 4.10$$

จากสมการ 4.6 และ สมการ 4.8

$$\frac{V_A}{V_{AE}} = \frac{1 + \frac{R_{E2}}{R_{E3}} + \frac{R_{E0}}{R_{E3}}}{1 + \frac{R_{E3}}{R_{E2}} + \frac{R_{E3}}{R_{E0}}} \quad 4.11$$

ถ้าเราให้  $R_{E2} = n R_{E3}$  สมการ 4.11 จะกลายเป็น

$$\frac{V_A}{V_{AE}} = n \quad 4.12$$

จากสมการ 4.6 ถ้าให้  $R_{E0} = R_{E2} = R_{E3}$  จะได้สมการใหม่ดังนี้

$$V_{AE} = \frac{V_{CC}}{3} \quad 4.13$$

ขณะที่ในช่วงที่ discharge  $C_7$  จะ discharge ผ่านทาง  $R_{E7}$  ลง Ground จนกระทั่ง voltage คร่อม  $C_7 \leq V_{AE}$  O/P ของ A1-C จะ swing เป็น 10 V (Vcc) สำหรับ วงจรรูป 4.2 เวลาในการ Oscillate จะเป็น 2 เท่าของ  $R_{E4}$ ,  $C_7$  ซึ่งสามารถ

คำนวณได้จากสมการ

$$V_1 = V_{max} * \frac{e^{-t/R_1 C}}{20} \quad 4.14$$

ซึ่ง

$$V_{max} = \frac{2V_{cc}}{3} \quad 4.15$$

และ

$$V_1 = \frac{V_{max}}{2} = \frac{V_{cc}}{2} \quad 4.16$$

$$2t_1 = \frac{1}{freq} \quad 4.17$$

หรือ

$$\frac{1}{freq} = 2 (0.694) R_{e4} C_7 \quad 4.18$$

วิธีคำนวณ ให้  $C_7 = 0.1 \mu F$ .

เนื่องจาก

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{10ms + 10ms} = 50 \text{ Hz}$$

จากสมการ 4.18 หาค่า  $R_{e4}$

$$\frac{1}{50} = 2 (0.694) \times R_{e4} \times 0.1 \times 10^{-6}$$

$$R_{e4} = \frac{1}{2 \times 50 \times 0.694 \times 0.1 \times 10^{-6}} = 144.09 \text{ K}$$

เลือกค่ามาตรฐานใช้

$$R_{e4} = 144 \text{ K}$$

จากสมการ 4.9

$$R_{25} < R \text{ Load}$$

จากรูปที่ 4.2 O/P ของ A1-C จะใช้ ไป drive Z5-A , Z5-B , Z5=C , Z5-D ( R LOAD ) ซึ่งกระแส I/P ของ Z5 มีค่าน้อยมาก เนื่องจากเป็น C MOS นั่นคือ R Load มีค่าสูงมากๆ และไม่มีผลต่อภาค O/P ของ AIC ในการคำนวณ จึงตัดทิ้งได้

เลือกค่า  $R_{25} = 5 \text{ K}$

จากสมการ 4.10

$$R_{20} > R_{25}$$

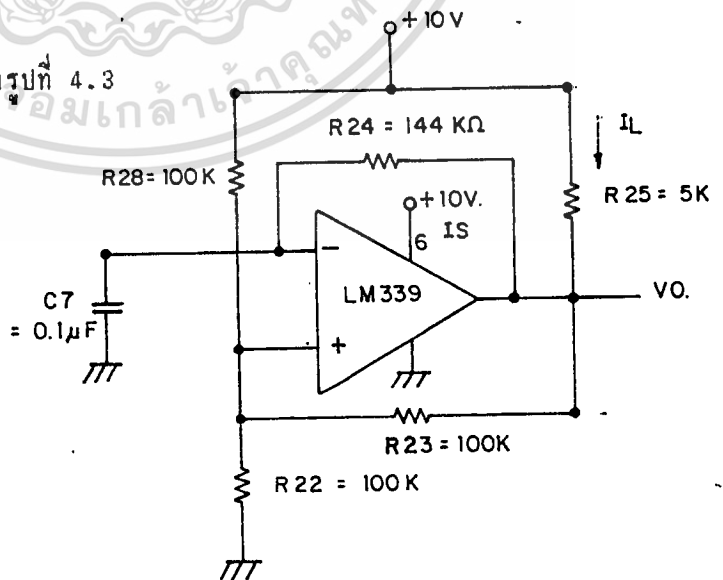
นั่นคือให้  $R_{20} = 100 \text{ K}$  (  $R_{25} = 5 \text{ K}$  )

จากสมการ 4.1 ถึงสมการ 4.18 เราวิเคราะห์หาค่า  $R_{24}$  โดยให้

เงื่อนไข  $R_{20} = R_{22} = R_{23}$

นั่นคือ  $R_{20} = R_{22} = R_{23} = 100 \text{ K}$

ดังนั้น วงจรจริงจะมีค่า ดังรูปที่ 4.3



รูป 4.3 \* ค่า R ต่างๆ ใช้ 1/4 watt 5% C 7 ี่ polystyrene

หากระแสที่ใช้ในวงจรทั้งหมด

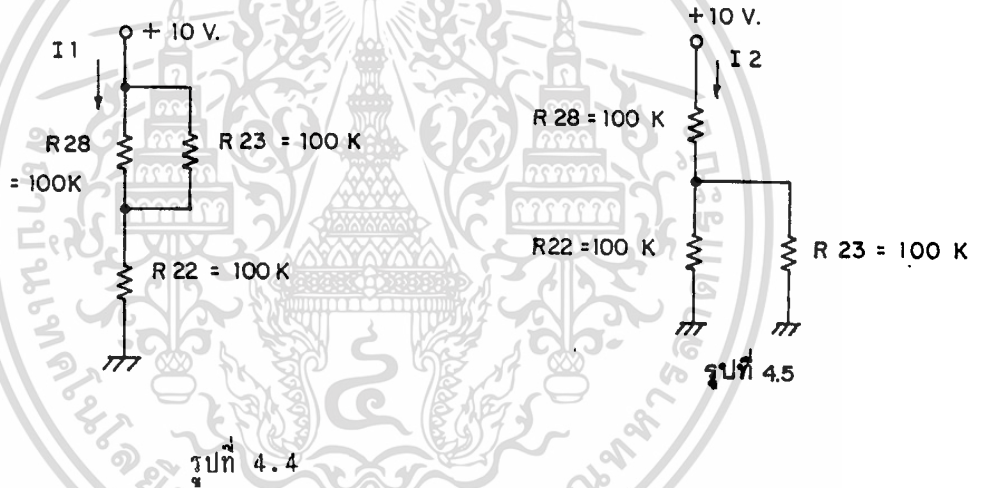
การหากระแส<sup>นี้</sup> จะหาโดยประมาณ เพื่อที่จะนำไปคำนวณหา C4 ในภาค power supply

$$I_L \quad (\text{เมื่อ } V_o = 0) = \frac{10}{5K} = 2 \text{ mA}$$

$$I_{supply} \quad (\text{เมื่อ } V_o = 0) = 2 \text{ mA จาก data sheet}$$

คิดกระแสในช่วง A1-C ทำงานเป็น comparator ซึ่งมี hysteresis Network คือ  $R_{26}$ ,  $R_{22}$ ,  $R_{23}$

เมื่อ  $V_o = 10 \text{ V}$ . equivalent cct เขียนได้ ดังนี้ (รูป 4.4)



$$I_1 = \frac{10}{R_{26} // R_{23} + R_{22}} = \frac{10}{50K + 100K} = 0.0667 \text{ mA.}$$

เมื่อ  $V_o = 0$  equivalent cct เขียนได้ดังรูปที่ 4.5

$$I_2 = \frac{10}{R_{26} + R_{22} // R_{23}} = \frac{10}{100K + 50K} = 0.0667 \text{ mA.}$$

$$\text{กระแสรวม } (I_{T1}) = I_L + I_S + I_1 + I_2$$



เลือก IC A1-B , A1-C เบอร์ LM 339 เพื่อความสะดวกในการคำนวณ ถือว่า IC LM 339 มีคุณสมบัติใกล้เคียง Ideal case.

กำหนด  $I = 10 \text{ mA}$  ในขณะที่ อยู่ในสภาวะปกติ

$I$  เพิ่ม 40 % เมื่ออยู่ในสภาวะ Alarm  $A_{L1}-1$

$I = 14 \text{ mA}$ . (ไม่เกิน rate ของ Z5)

หาค่า  $R_T$  จาก +10 V ผ่าน Z5-A, loop A,  $R_{e1}$ , loop B, "R", Z5-D, Ground

(  $R_T$  คือ ค่าความต้านทานทั้งหมด จาก +10 V ถึง Ground )

ในสภาวะปกติ  $R_T = \frac{10}{10 \text{ mA}} = 1 \text{ K}$

ในสภาวะ  $A_{L1}-1$   $R_T = \frac{10}{14 \text{ mA}} = 714$

จาก data sheet

$R_{d(\text{on})} \text{ Z5-A} = R_{d(\text{on})} \text{ Z5-D} = 180$

ในสภาวะ Alarm ( $A_{L1}-1$ ) ;  $R_{e1}$  จะถูก short

$$\begin{aligned} R &= R_T - R_{d(\text{on})} \text{ Z5-A} - R_{d(\text{on})} \text{ Z5-D} \\ &= 714 - 180 - 180 \\ &= 354 \end{aligned}$$

ในสภาวะปกติ หาค่า  $R_{e1}$

$$\begin{aligned} R_{e1} &= R_T - R_{d(\text{on})} \text{ Z5-A} - R_{d(\text{on})} \text{ Z5-D} - R \\ &= 1000 - 180 - 180 - 354 \\ &= 286 \end{aligned}$$

$$R_{e1} \text{ เลือกค่ามาตรฐาน} = 280$$

หาค่า  $V_{R1}$  และ  $R_{e0}$

$$\begin{aligned} \text{กำหนดให้ } R_{e0} &= 200 \\ V_{R1} &= 354 - 200 = 154 \end{aligned}$$

$$\text{เลือก } V_{R1} \text{ ค่ามาตรฐาน} = 200$$

หมายเหตุ สิ่งที่ได้ว่า  $I$  นั้น เป็น Square wave ตาม pulse generator ในการคำนวณเราคำนวณแบบ DC ค่าที่ได้อาจมากกว่าความเป็นจริง แต่เราสามารถที่จะปรับ  $V_{R1}$  ให้ได้ค่า  $I$  ที่ถูกต้องตามกำหนดได้

หา  $V_D$  ในสภาวะปกติ

$$\begin{aligned} V_D &= I (R + R_{d(\text{on})} + Z_{sc}) \\ &= 10 \times 10^{-3} (354 + 180) = 5.34 \text{ V.} \end{aligned}$$

$$\text{ในสภาวะปกติ O/P A1-B} = 0$$

$$\text{O/P A1-C} = 1$$

$$\text{นั่นคือ } V_1 > V_c ; V_c > V_e$$

$$\text{กำหนดค่า } V_1 = 6 \text{ V. (เทียบ Ground)} ; I_1 = 5 \text{ mA.}$$

$$\begin{aligned} R_{1e} &= (+10V - 6V) / I_1 \\ &= (10-6) \times 5\text{mA} = 20 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\text{กำหนดค่า } V_e = 5 \text{ V. (เทียบ Ground)} ; I_1 = 5 \text{ mA.}$$

$$R_{1e} = 5V \times 5 \text{ mA} = 25 \text{ K}$$

$$\text{Voltage ที่ต่อ } R_{17} = (6V - 5V) = 1 \text{ V.}$$

$$R_{17} = \frac{1V}{5mA} = 200$$

ตรวจสอบเงื่อนไขของสภาวะ Alarm เนื่องจาก short cct และสภาวะ Alarm อื่น เนื่องจากสายถูกตัดว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่

สภาวะ Alarm เนื่องจาก short cct กระแส I จะเพิ่มขึ้น 40 % นั่นคือ มีค่าเท่ากับ

$$10 \times \frac{140}{100} = 14 \text{ mA.}$$

$$\begin{aligned} V_D &= 14 \text{ mA} (R + R_{d(on)} Z5-D) \\ &= 14 \text{ mA} (354 + 180) \\ &= 7.476 \text{ V.} \end{aligned}$$

นั่นคือ จากเงื่อนไข Alarm ที่ได้กำหนดไว้ในตอนต้นว่า เมื่อ  $V_D > V_1$  จึงจะเกิด Alarm แต่  $V_1 = 6 \text{ V.}$  (กำหนดให้) ดังนั้น

ถ้า  $V_{D1} > V_1$  นั่นคือ ค่า component ที่คำนวณมา ทำให้เกิดเงื่อนไขจริง

สภาวะ Alarm เนื่องจากถูกตัดสาย ที่จุด x จะทำให้  $V_e > V_c$   
เนื่องจาก

$$I = \frac{10V}{R_{d(on)} Z5-A + R_{d(on)} Z5-B + R_{e1} + R + R_{d(on)} Z5-D}$$

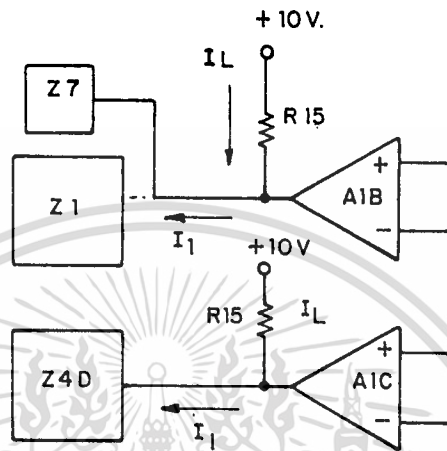
$$\begin{aligned} I &= \frac{10}{180 + 180 + 280 + 354 + 180} \\ &= 8.5 \text{ mA.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_D &= 8.5 \text{ mA} (R + R_{d(on)} Z5-D) \\ &= 8.5 * 10^{-3} (354 + 180) \\ &= 4.55 \text{ V.} \end{aligned}$$

แต่  $V_1 = 5 \text{ V}$ . นั่นคือ  $V_1 > V_D$

ค่า component ต่างๆ ที่คำนวณมาเพียงพอต่อเงื่อนไขการเกิด Alarm เมื่อสายถูกตัด

หาค่า  $R_{14}$  และ  $R_{15}$



รูปที่ 4.7 SIMPLIFIED ภาด O/P ของ AIB , AIC

จากรูปที่ 4.7 Z4-D, Z<sub>1</sub>, Z<sub>7</sub> เป็น IC ประเภท C MOS ซึ่งต้องการกระแส Input น้อยมาก ประมาณ 1-2 uA. (ซึ่งมีค่าน้อยมาก) เวลาคำนวณจึงตัดทิ้งได้

กำหนดให้  $I_e = 1 \text{ mA}$ .

$$R_{15} = \frac{10\text{V}}{1\text{mA}} = 10 \text{ K}$$

ทำนองเดียวกัน  $R_{16} = \frac{10\text{V}}{1\text{mA}} = 10 \text{ K}$

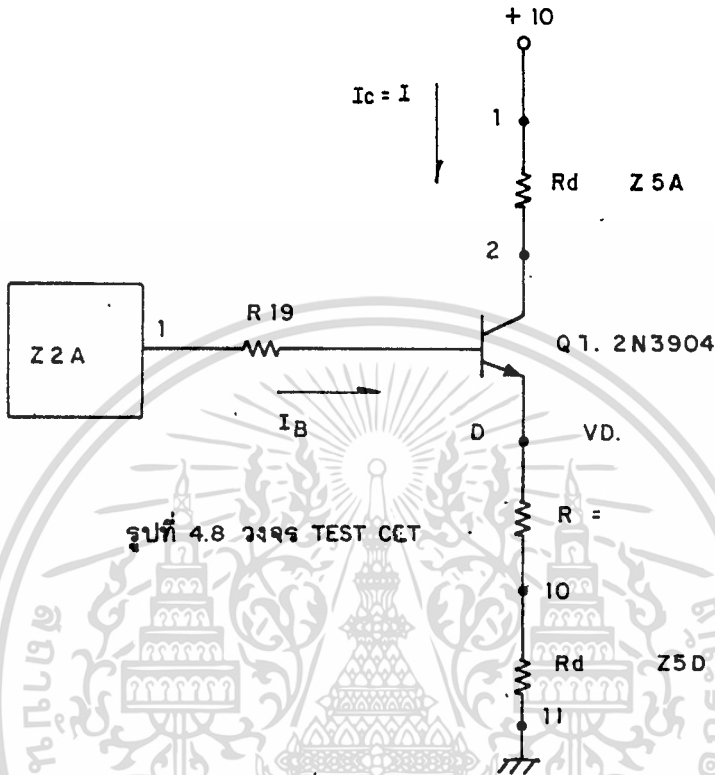
หากระแสรวมในวงจรรับสัญญาณจาก Sensor

$$\begin{aligned} I \text{ รวม Sensor} &= I_{sum} + I_1 + I_e \\ &= 14\text{mA} + 5\text{mA} + 1\text{mA} \\ &= 20 \text{ mA} \end{aligned}$$

4.20

4.4 การออกแบบวงจรทดสอบ (Test cct)

จาก sheet # 1 เรา Simplified วงจรภาค test cct ได้ดังรูป



รูปที่ 4.8 วงจร TEST CET

ในการคำนวณ เราจะคำนวณในสภาวะปกติ ซึ่ง

$$I = 10 \text{ mA} \quad (\text{จากที่กำหนดไว้ในเบื้องต้น})$$

$$V_D = 5.34 \text{ V} \quad (\text{จากการคำนวณในตอนที่แล้ว})$$

เลือกให้ transistor เบอร์ 2N 3904 ซึ่งเป็นชนิด General purpose saturated switching ซึ่งมี  $V_{CE}(\text{sat})$  ต่ำมาก

$$V_{CE}(\text{sat}) = 0.2 \text{ V (max) ที่}$$

$$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1 \text{ mA}, V_{BE} = 0.65 \text{ V min}$$

(\*จาก data sheet ในภาคผนวก)

จากรูปที่ 4.7 O/P ของ Z2-A ที่ขา 1 มีค่า = 10 V.

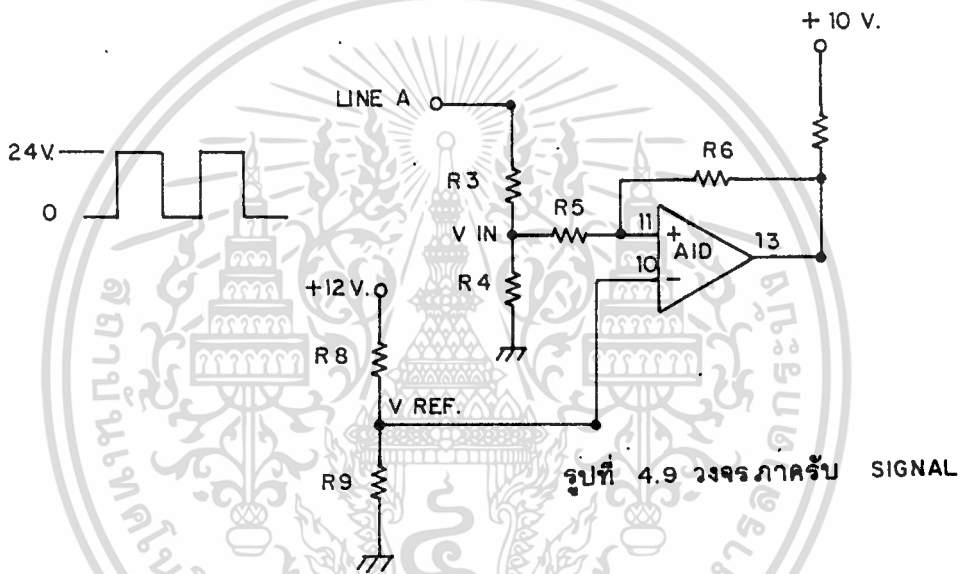
$$R_{10} = \frac{10V - V_{DE} - V_D}{I_B}$$

$$= \frac{10V - 0.65V - 5.34V}{1mA}$$

$$= 4.01 K$$

เลือกไว้  $R_{10} = 4 K$

4.5 คำนวณภาครับจาก transmission line คือ A1-D จาก Data sheet #1



รูปที่ 4.9 วงจรภาครับ SIGNAL

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่า เป็นวงจรแบบ Non-Inverting comparator with hysteresis ซึ่งสามารถวิเคราะห์วงจรได้ดังนี้

เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึง Simplified วงจรรูป 4.9 มาเป็นรูปที่ 4.10

สมมติว่า  $V_{in 1}$  เป็น Low ดังนั้น  $V_o = 0$  (Ground)  
 $V_{in}$  จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึง  $V_{in 1}$  แล้ว O/P ของ comparator ก็จะ swing ไปที่ high. (=Vcc) ซึ่ง  $V_{in 1}$  จะถูกกำหนดโดย

$$V_{in 1} = \frac{V_{REF} (R5 + R6)}{R6} \quad (4.4.1)$$

ในขณะเดียวกัน  $V_o$  จะ switch ไปเป็น + Vcc ;  $V_A$  จะมีค่ามากกว่า  $V_{REF}$  ซึ่งจะถูกกำหนดโดยสมการ 4.4.2

$$V_A = V_{in} + \frac{(V_{cc} + V_{in-1}) R5}{R5 + R6} \quad (4.4.2)$$

การที่จะให้  $V_o$  switch กลับมาที่  $V_o = 0$  (Ground) ได้นั้น  $V_{in}$  จะลดลงต่ำกว่า  $V_{REF}$  และจุดที่  $V_A = V_{REF}$  นั่นคือ จุด trip point นี้จุดนี้กำหนดได้โดยสมการ 4.4.3

$$V_{in 2} = \frac{V_{REF} (R5 + R6) - V_{cc} R5}{R6} \quad (4.4.3)$$

ดังนั้น Hysteresis สำหรับวงจรนี้ คือ  $V_{in}$  ซึ่งเป็นความแตกต่างระหว่าง  $V_{in 1}$  กับ  $V_{in 2}$  จากสมการ 4.4.1 กับสมการ 4.4.3

$$\begin{aligned} \Delta V_{in} &= V_{in 1} - V_{in 2} \\ &= \frac{V_{REF} (R5 + R6)}{R_2} - \frac{V_{REF} (R5 + R6) - V_{cc} R5}{R_6} \end{aligned}$$

$$\text{หรือ} \quad \Delta V_{in} = \frac{V_{cc} R5}{R6} \quad (4.4.4)$$

การออกแบบวงจรนี้ สามารถจะกระทำได้ จาก data sheet ในภาคผนวก

Input off set current ของ LM 339 =  $\pm 5$  nA.

Input off set voltage ของ LM 339 =  $\pm 3$  mV.

Input bias current ของ LM 339 = 25 nA.

(มีค่าน้อยมาก) เวลาคำนวณ จะไม่นำมาคิด

กำหนดให้

$$V_{in 1} = 6 \text{ V.}$$

$$V_{in 2} = 3 \text{ V.}$$

$$V_{cc} = 10 \text{ V.}$$

$$R7 < R_{Load.}$$

แต่เนื่องจากว่า  $R_{Load}$  คือ ขา 19 (Rx) ของ IC  $Z_o$  ซึ่งต้องการกระแสเล็กน้อยมาก ประมาณ =  $\pm 1\mu\text{A}$ . นั้น  $R_{Load}$  มีค่ามาก

ให้  $R_7 = 5 \text{ K}$

จากสมการ 4.4.4

$$V_{in} = \frac{V_{cc} R5}{R_o}$$

$$\frac{R5}{R6} = \frac{V_{in}}{V_{cc}}$$

แทนค่า  $\frac{R5}{R6} = \frac{6-3}{10}$

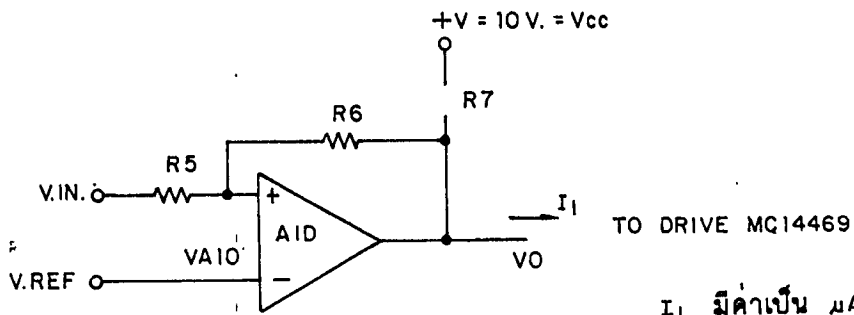
$$R6 = 10$$

$$= 0.3$$

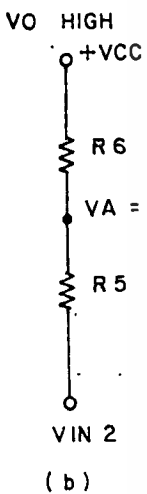
จากสมการที่ 4.4.1

$$V_{REF} = \frac{V_{in 1} R6}{R5 + R6} = \frac{V_{in 1}}{1 + \frac{R5}{R6}}$$

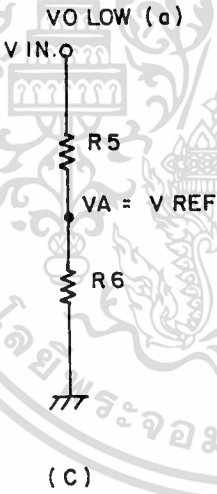
ดังนั้น  $V_{REF} = \frac{6}{1 + 0.3} = 4.6 \text{ V.}$



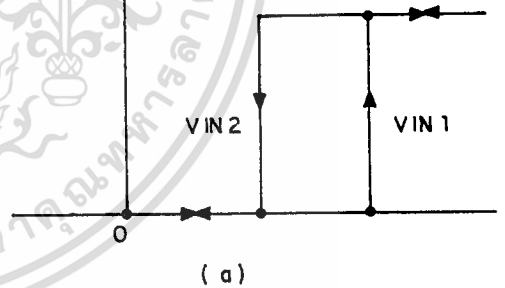
$I_1$  มีค่าเป็น  $\mu A$  ในการคำนวณ  
คือค่า  $I_1$  มีค่าน้อยมาก  
มีผลต่อการคำนวณ



(b)



(c)



(a)

รูปที่ 4.10 SIMPLIFIED วงจรรูปที่ 4.9

เพื่อลดการเกิดการ Loading เลือก  $R_6 > R_7$

นั่นคือให้  $R_6 > 5 K$  ดังนั้นจึงเลือก,  $R_6 = 1 M$

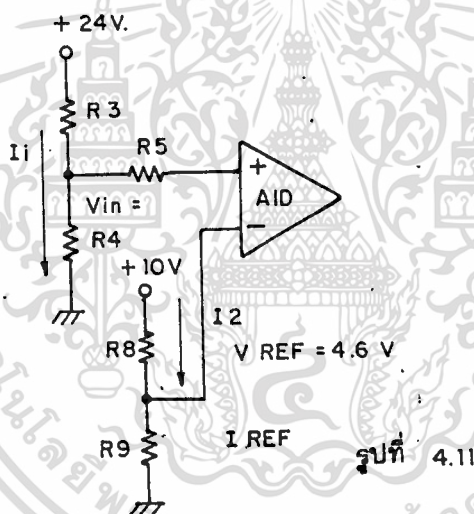
จากสมการ 4.4.4 ได้ว่า

$$R_5 = \frac{\Delta V_{in} R_6}{V_{cc}}$$

$$= \frac{(6-3) \times 1 \times 10^6}{10}$$

$$= 300 K$$

จากรูปที่ 4.9 และ 4.10 คำนวณหาค่า  $R_3, R_4, R_6, R_9$



จากการคำนวณที่แล้วมาได้  $V_{REF} = 4.6 V$  ;  $V_{in 1} = 6 V$  (กำหนดให้)

$$V_{in} = \frac{(24V) R_4}{R_3 + R_4}$$

แทนค่า

$$6 = \frac{24 R_4}{R_3 + R_4}$$

$$\begin{aligned}
 R_3 &= 3 R_4 \\
 \text{กำหนดให้ } R_4 &= 10 \text{ K} \\
 R_3 &= 30 \text{ K} \\
 \text{และ } V_{REF} &= \frac{+10V \times R_9}{R_9 + R_8}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่า } 4.6 &= \frac{10 \times R_9}{R_9 + R_8}
 \end{aligned}$$

$$4.6 R_9 + 4.6 R_8 = 10 R_9$$

$$5.4 R_9 = 4.6 R_8$$

$$R_9 = 0.85 R_8$$

$$\begin{aligned}
 \text{กำหนดให้ } R_8 &= 10 \text{ K} \\
 R_9 &= 0.85 \times 10 \text{ K} = 8.5 \text{ K}
 \end{aligned}$$

หากระแสรวมของวงจร comparator

$$\begin{aligned}
 I_1 &= \frac{24}{R_3+R_4} = \frac{24V}{40K} \\
 &= 0.6 \text{ mA.} \\
 I &= \frac{10V}{R_8+R_9} = \frac{10V}{18.5K} \\
 &= 0.5 \text{ mA.}
 \end{aligned}$$

ในกรณีของ LM 339  $R_L = \infty$  ที่  $V_{cc} = 30 \text{ V}$  มีค่าสูงสุด 2.0 mA. (25°C)  
(จาก data sheet ในภาคผนวก)

$$\text{นั่นคือ } I_{RL=\infty} = 2 \text{ mA.}$$

$$\text{หาค่า } I_{RL=5K} = \frac{10V}{5K} = 2 \text{ mA.}$$

$$I_T \text{ (I รวมของวงจร comparator)} = I_1 + I_2 + I_{RL=\infty} + I_{RL=5K}$$

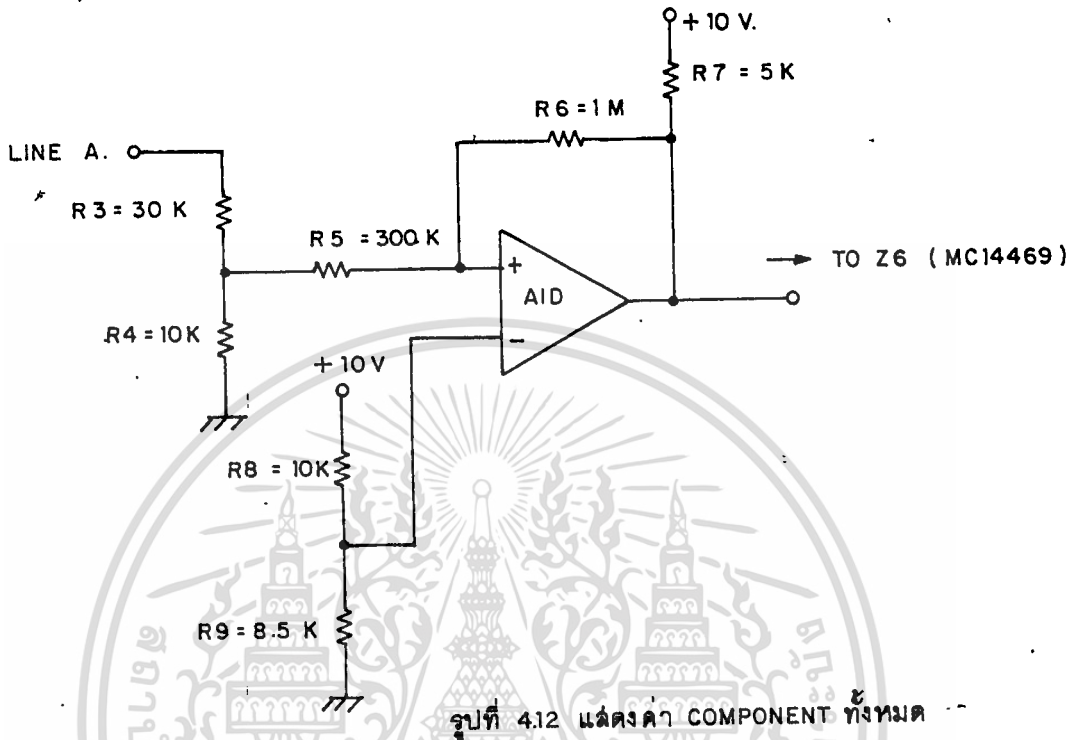
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.6 + 0.5 + 2 + 2$$

$$= 5.1 \text{ mA.}$$

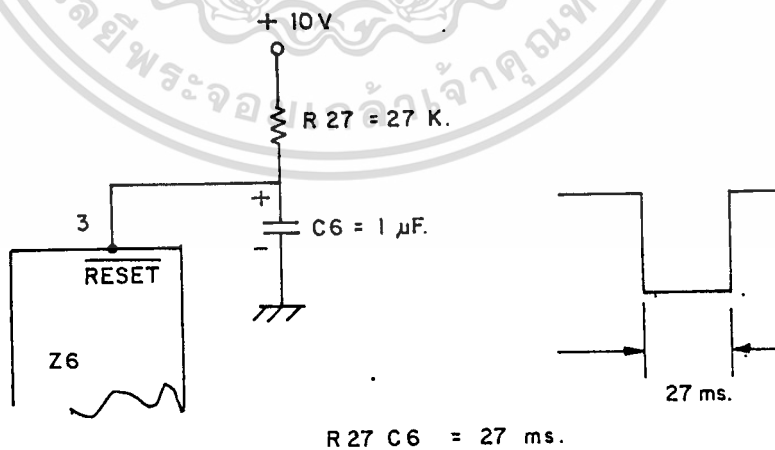
(4.4.5)

จากวงจรรูปที่ 4.9 จะมีค่า component ต่างๆ ดังรูป 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงค่า COMPONENT ทั้งหมด

คำนวณหาค่า  $R_{27}$  และ  $C_6$  ซึ่งทำหน้าที่เป็น Power on Reset ของ  $Z_6$  (MC 14469) จาก data sheet #1



$$R_{27} C_6 = 27 \text{ ms.}$$

รูปที่ 4.13

เลือกค่า  $C_6 = 1 \text{ uF}$

$$R_{27} = \frac{27 \text{ ms.}}{1 \times 10^{-6}}$$

$$= 27 \text{ K}$$

การคำนวณภาค Power Supply

Z5 มี Quiescent Current ( $I_Q$ ) ต่อ packet ที่  $V_{CC} = 10 \text{ V}$  ( $25^\circ \text{C}$ ) เท่ากับ  $0.5 \text{ uA max.}$  (data sheet ในภาคผนวก)

$$I_{QZ5} = 0.5 \text{ uA.}$$

$$I_{QZ4} = 0.5 \text{ uA.}$$

$$I_{QZ3} = 1 \text{ uA. (data sheet ในภาคผนวก)}$$

$$I_{QZ6} = 150 \text{ uA. (" " " " )}$$

$$I_{TL} = 4.133 \text{ mA. (จากสมการ 4.19)}$$

$$I_{รวมSensor} = 20 \text{ mA. (" " 4.20)}$$

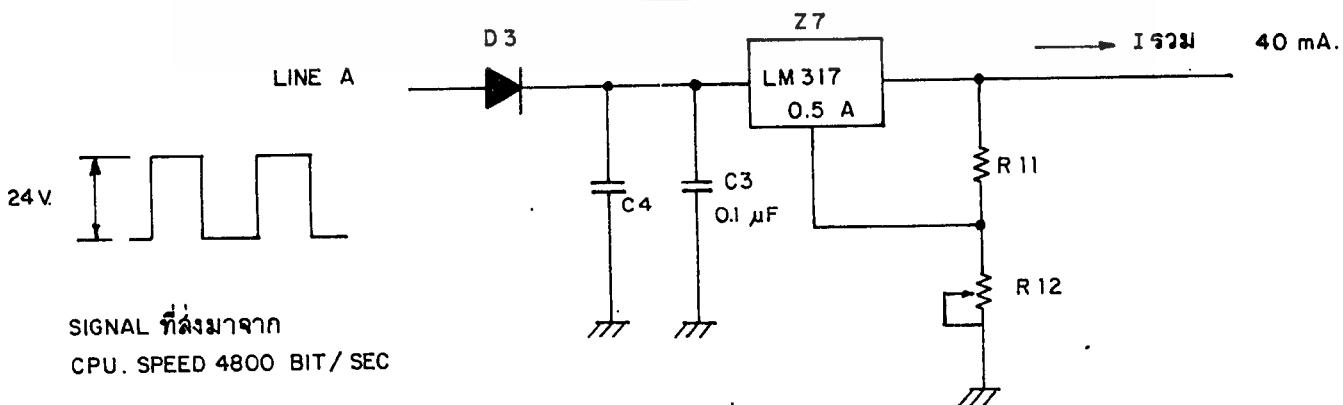
$$I_{รวมวงจรcomp} = 5.1 \text{ mA. (" " 4.4.5)}$$

$$I_{รวม} = I_{QZ5} + I_{QZ4} + I_{QZ3} + I_{QZ6} + I_{TL} + I_{รวมSensor} + I_{รวมcomp}$$

$$= 0.5\text{uA} + 0.5\text{uA} + 1\text{uA} + 150\text{uA} + 4.133\text{mA} + 20\text{mA} + 5.1\text{mA}$$

$$= 29.39 \text{ mA.}$$

$I_{รวม}$  นี้ได้จากการประมาณค่า เพื่อที่จะนำมาคำนวณหาค่า  $C_4$  ซึ่งเป็น capacitor สำหรับ filter (สัญญาณที่ส่งมาจาก CPU จะถูก rectified โดย  $D_3$ ) เพื่อความแน่ใจว่า  $C_6$  ค่ามากพอที่จะ charge ประจุ และจ่าย Voltage ไปเลี้ยง addressable sensor ได้อย่างต่อเนื่อง จึงกำหนด  $I_{รวม}$  ให้มากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยประมาณใหม่ ดังนี้  
ให้  $I_{รวม} = 40 \text{ mA.}$  จาก sheet #1



รูปที่ 4.14

เลือก IC regulator เบอร์ LM 317 ;  $I_L = 0.5.A$  ;  $I_{Adj} = 50 \text{ uA}$   $T_{yp}$

จากภาคผนวก 
$$V_{out} = \frac{1.25V (1 + R2)}{R1} + I_{Adj} (R2)$$

จากรูปที่ 4.14

$$R11 = R1 ; R12 = R2$$

กำหนดให้  $R11 = R1 = 300$  ;  $V_o = +10V$

แทนค่า 
$$10 = \frac{1.25 (1 + R12)}{300} + 50 \times 10^{-6} R12$$

$$3000 = 1.25 \times 300 + 1.25 R12 + 50 \times 10^{-6} \times 300 R12$$

$$2625 = 1.265 R12$$

$$R12 = \frac{2625}{1.265}$$

$$= 2.075 \text{ K}$$

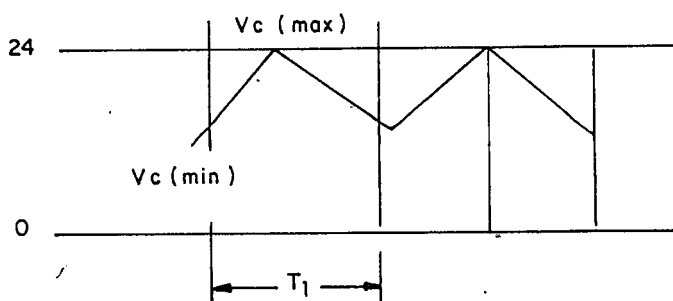
เนื่องจาก R12 เป็น VR ปรับค่าได้จึงเลือก R12 = 3 K

หาค่า  $C_A$

$$I_{max} = \frac{C [V_O(max) - V_O(min)]}{T_1}$$

$$I_{max} = I_{รวม} ; C = C_A ; V_{Cmax} = V_{O(max)}$$

$$V_{Cmin} = V_{O(min)}$$



รูปที่ 4.15

จากรูปที่ 4.15 แสดงการหาค่า  $C_4$  จาก data Signal เนื่องจาก data ส่ง speed 4800 bit/sec

$$1 \text{ bit ใช้เวลาส่ง} = \frac{1}{4800} = 20.8 \text{ mS}$$

$$\text{กำหนดให้ } V_{C(\max)} = 24 \text{ V}, V_{C(\min)} = 12 \text{ V}; I_{\text{รวม}} = 40 \text{ mA}$$

$$40 \times 10^{-3} = C_4 \frac{(24 - 12)}{20.8 \times 10^{-3}}$$

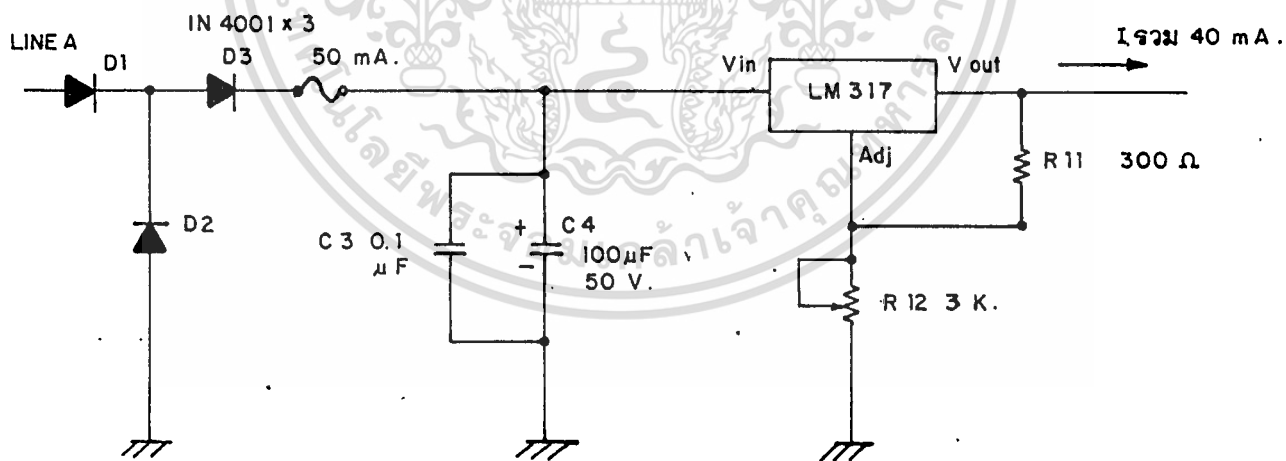
$$C_4 = \frac{40 \times 10^{-3} \times 20.8 \times 10^{-3}}{12}$$

$$= 69.33 \text{ UF.}$$

เลือกค่ามาตรฐาน  $C_4 = 100\mu\text{F } 50 \text{ V.}$

เลือก  $D_1, D_2, D_3$  เป็น Diode เบอร์ 1N 4001 ทนกระแส 2 Amp.

วงจรรภาค Power Supply จริง แสดงดังรูป 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงค่า COMPONENT ต่าง ๆ ของวงจร POWER SUPPLY



ผ่าน Z<sub>1A</sub> (Q<sub>1</sub> ไม่ทำงาน) เกิด voltage drop V<sub>1</sub> ไปเปรียบเทียบกับ V<sub>A</sub>, V<sub>B</sub> ของวงจร voltage comparator A<sub>1A</sub>, A<sub>1B</sub> ตามลำดับก็จะได้เงื่อนไขว่า

$$\begin{aligned} \text{เมื่อสภาวะปกติ} \quad V_1 < V_A \quad \text{O/P ของ } A_{1A} \quad \text{เท่ากับ } 0 \quad (A_{L-1}) \\ V_1 > V_B \quad \text{O/P ของ } A_{1B} \quad \text{เท่ากับ } 0 \quad (TB-1) \end{aligned}$$

ในสภาวะเกิดเพลิงไหม้ Heat detector ทำงาน contact close และ short EORL ทำให้กระแส I<sub>1</sub> มีค่าเพิ่มมากขึ้น ค่าของ V<sub>1</sub> ก็เพิ่มตามด้วยจะได้เงื่อนไขว่า (รูปที่ 5.1)

$$\begin{aligned} \text{เมื่อเกิดไฟไหม้} \quad V_1 > V_A \quad \text{O/P } A_{1A} \quad \text{เป็น } 1 \quad (A_{L-1}) \\ V_1 > V_B \quad \text{O/P } A_{1B} \quad \text{เป็น } 0 \quad (TB-1) \end{aligned}$$

ในสภาวะสายขาด (ขาดที่จุด X) จากรูปที่ 5.1 ทำให้ I<sub>1</sub> ลดลงเป็นศูนย์ V<sub>1</sub> = 0 จะได้เงื่อนไขดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เมื่อสภาวะสายขาด} \quad V_1 < V_A \quad \text{O/P } A_{1A} \quad \text{เป็น } 0 \quad (A_{L-1}) \\ V_1 < V_B \quad \text{O/P } A_{1B} \quad \text{เป็น } 1 \quad (TB-1) \end{aligned}$$

จะเห็นว่าขณะที่สายขาดไม่ว่าจะเป็น loop A หรือ loop B O/P ของ A<sub>1B</sub> (TB-1) เป็น 1 จะไปควบคุมให้ Z<sub>1B</sub> และ Z<sub>1C</sub> ทำหน้าที่แทน loop A และ loop B ADF ก็ยังสามารถแจ้ง Alarm ได้

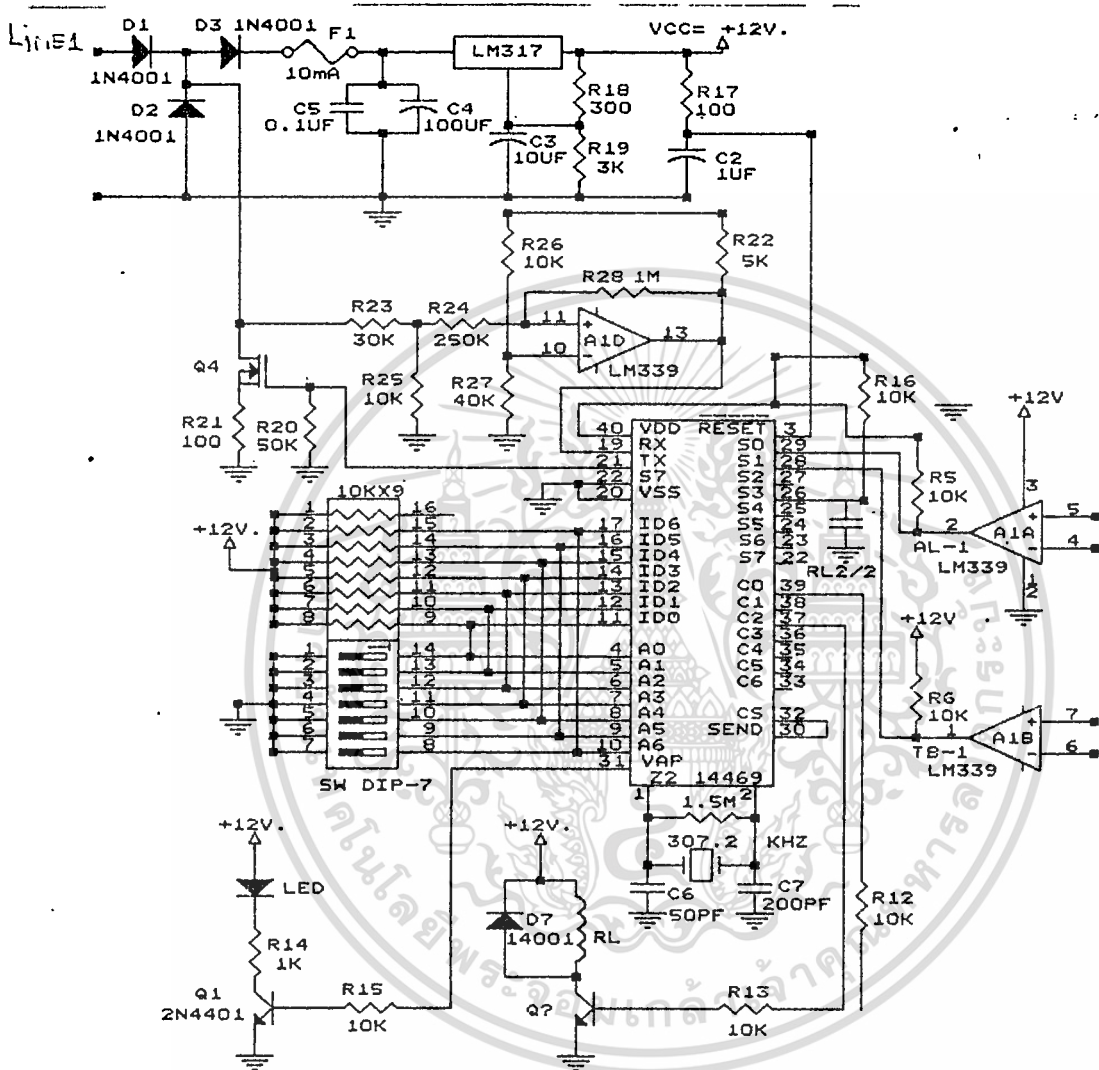
สรุป	AL-1	TB-1
สภาวะปกติ	0	0
สภาวะเพลิงไหม้	1	0
สภาวะสายขาด	0	1
สภาวะสายขาดและ เพลิงไหม้	1	1

จากรูปที่ 5.2  $Z_2$  เป็น Addressable Asynchronous Receiver/Transmitter. มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 4800 bits/sec. การทำงานของภาคนี้แบ่งออก 2 โหมด คือ polling mode และ command mode

- polling mode เมื่อ CPU ส่ง Address word และ Command word มาทาง Line 1 ด้วยขนาดของสัญญาณ  $0 \sim 24V$ .  $R_{23}$  และ  $R_{25}$  เป็น voltage divider จะ divide สัญญาณลงเหลือ  $0 \sim 5V$  บ่อนเข้าวงจร voltage comparator  $A_{20}$  จะได้ O/P ขนาด  $0 \sim 12V$  ที่มีรูปปร่างดีบ่อนเข้าที่  $R_{21}$  ของ  $Z_2$  Address word ที่  $Z_2$  รับผิดชอบได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับ Address เราตั้งไว้ด้วย dip switch ที่ขา  $A_0 - A_4$  ของ  $Z_2$  ถ้า Address เหมือนกัน  $Z_2$  จะ latch data ที่  $S_0 - S_5$  เข้าไปเก็บไว้ใน Buffer ขณะเดียวกันก็จะส่ง pulse แคบๆ (CS) ออกที่ขา 32 ไปยังขา 30 (Send) เมื่อขา Send ได้รับสัญญาณจาก cs  $Z_2$  จะส่ง Address และ status word ของตัวเองตอบไปทางขา Tx และถูก Invert ด้วย  $Q_4$  ผ่าน  $D_1$  Line 1 ไปยัง CPU CPU ก็จะทราบสถานะของ AFD ได้

- command mode ใน mode นี้ cpu จะสั่งให้ AFD ทำงานตามต้องการได้ เช่นจากรูป 1.2 CPU จะส่งข้อมูลมายัง AFD เหมือนกับ polling mode แต่ command word จะออกทาง O/PC -  $C_7$  ของ  $Z_2$  เช่น เราต้องการที่จะ test AFD ว่าทำงานหรือไม่ CPU จะสั่งให้  $C_0$  เป็น "1"  $Q_5$  จะ short EOLR (ซึ่งเหมือนกับ Heat detector ทำงาน)  $Z_2$  จะ latch  $A_{L-1}$  (1) และ TB-1 (0) ไปเก็บไว้ใน Buffer ขณะเดียวกันก็จะส่ง Address word และ status word ( $S_0=1, S_2=0$ ) กลับไป CPU ก็จะทราบว่า AFD ทำงานปกติไม่เสีย ส่วน LED เป็น Monitor ให้ทราบว่าทุกครั้ง CPU และ AFD ส่งข้อมูลติดต่อกัน LED จะติดอยู่ตลอดเวลาสำหรับ  $Q_2$  จะทำงานต่อเมื่อ CPU ทราบเพลิงไหม้ก็จะส่ง Command word สั่งการให้  $Q_2$  "on" ( $Q_2=1$ ) Relay ทำงาน contact  $R_{L1/2}$  จะ open ect ตัดไฟไม่ให้ Air condition ทำงานเป็นการช่วยไม่ให้เพลิงลุกไหม้อย่างรวดเร็ว ส่วน contact  $R_{L1/3}$  ทำหน้าที่เปิดพัดลมดูดควันไฟเพื่อช่วยให้อุณหภูมิในบริเวณที่เกิดเหตุหนีได้ทัน โดยไม่ล้าลี้ควันไฟเป็นอันตรายถึงชีวิต  $D_2$  ทำหน้าที่ Rectifier ข้อมูลที่ส่งมาจาก CPU ผ่าน voltage regulator เป็นไฟตรง +12V จ่ายให้วงจร AFD

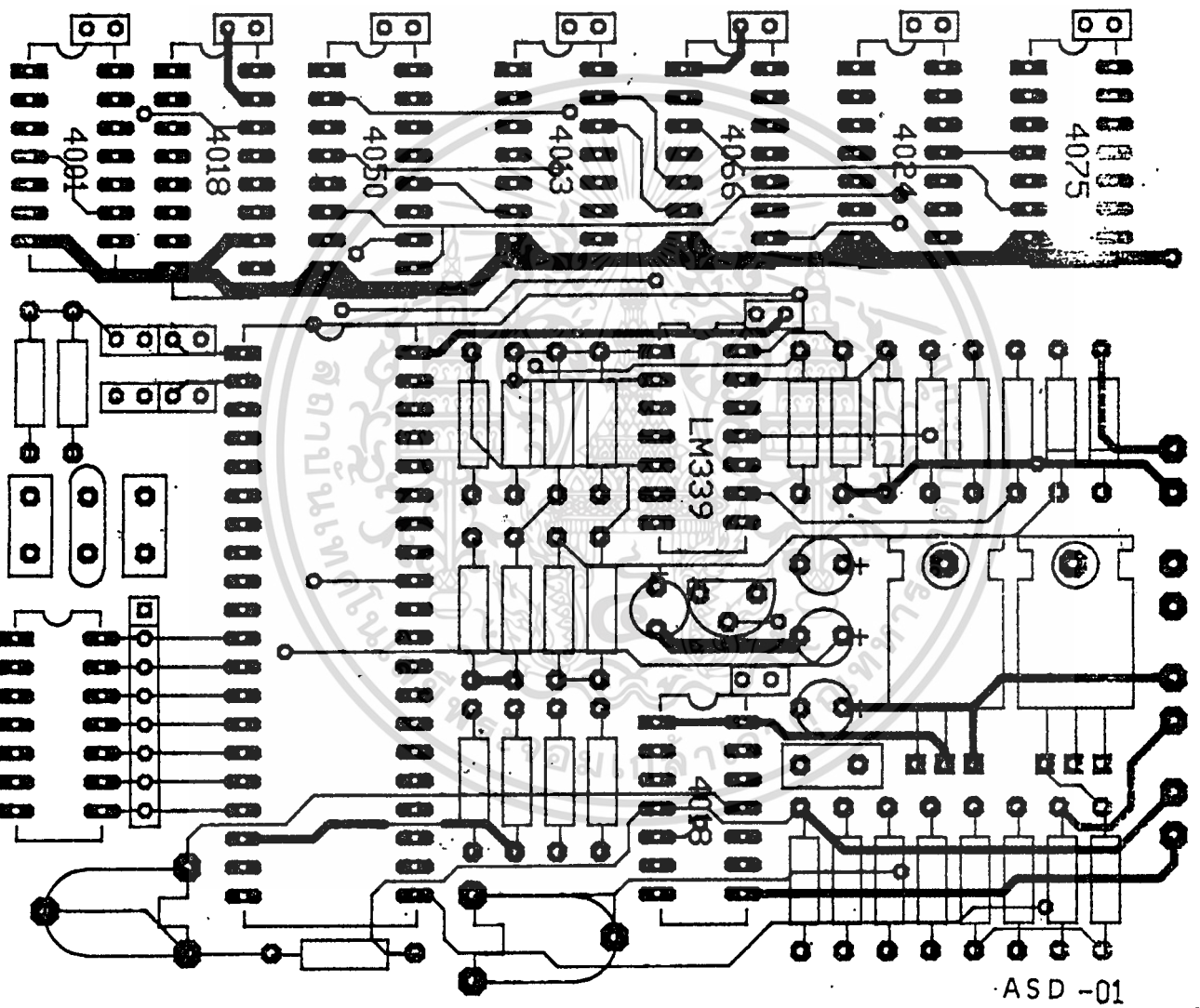
## 5.2 ภาครับส่งข้อมูลกับ CPU



รูปที่ 5.2



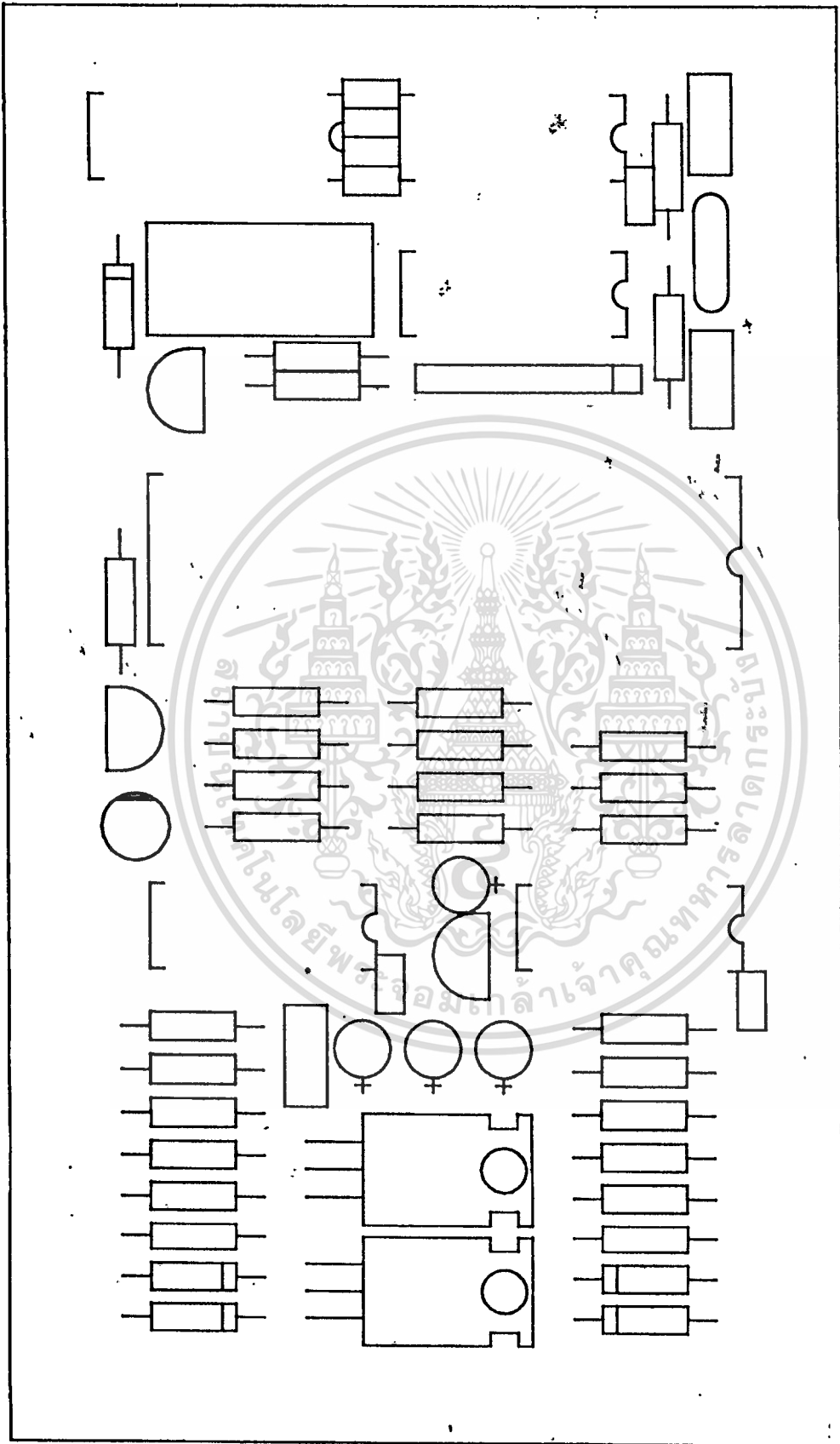
ADDRESSABLE SECURITY DETECTOR



รูปแสดง แผงวงจรและอุปกรณ์ชุด

Addressable Security Detector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง แผงวงจรและอุปกรณ์ชุด  
Addressable Fire Detector

สรุปผลการทดลอง

7.1 การปรับแต่ง

ก่อนที่จะทดลองผลของการทำงานของ AFD จำเป็นต้องปรับแต่ง AFD ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ (ดูรูปที่ 5.3 ประกอบ)

7.1 ป้อนไฟ +24 V เข้าที่ Line 1 จ่ายไฟเลี้ยงวงจร AFD ทั้งหมด

7.2 ในสภาวะปกติ (Heat Detector และ  $Q_5$  ซึ่งเป็น Function test ไม่ทำงาน) ปรับ  $R_{10}$  (2K) ให้กระแสไหลผ่าน  $Z_{1A}$  ---> EOLR --->  $R_{10}$  --->  $Z_{1B}$  มีค่าโดยประมาณ 10 mA เอาท์พุทของ  $A_{1A}$  และ  $A_{1B}$  จะมีค่าเป็น "0" (0 V)

7.3 Short cc't  $Q_5$  หรือ Heat Detector วัดค่าเอาท์พุท  $A_{1A}$  ประมาณ +12 V. ("1")

7.4 ตัดสายที่จุด x วัดเอาท์พุท  $A_{1B}$  ได้ประมาณ +12 V. ("1")

7.5 สำหรับ ASD ก็ทำได้ในทำนองเดียวกัน

7.5 ผลของการทดลอง

ต่อ Line ของ AFD เข้ากับ Power transmission line (Power transmission line ไม่ได้กล่าวถึงในบทความนี้ (เป็นของกลุ่มแรก) ทำหน้าที่ทั้งส่งสัญญาณและ Power ไปยัง AFD ต่ออยู่กับ COM 1 และ COM 2 ของ IBM-AT) โดยตั้ง Address ของ AFD ไว้ที่ 01 ทดลองส่ง Address 01 ออกที่ COM 1 ปรากฏว่า AFD ส่งข้อมูลโต้ตอบกับ IBM-AT ได้อย่างถูกต้องตามความต้องการที่ออกแบบ แต่เมื่อเราเปลี่ยนเป็น Address 02, 03, 04 AFD ที่ Set ค่าไว้ที่ 01 จะไม่ส่งข้อมูลโต้ตอบกับ IBM แสดงว่า Address ไม่ Match กัน ซึ่งก็เป็นไปตามความต้องการ ส่วน ASD ก็ทดสอบในทำนองเดียวกันนี้ ขณะที่เขียนปริญาณิพนธ์ยังไม่พบปัญหา จะต้องคอยดูแลในระยะยาวอีกต่อไป

7.6 สรุป

ถึงแม้ว่าขณะที่เผยแพร่ปริญาณิพนธ์นี้ การทดลองยังไม่สิ้นสุด แต่ก็ได้พิสูจน์ให้เห็นว่า แนวความคิดเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ได้คาดการณ์ข้างหน้าที่ปัญหาจะเกิดขึ้นอย่างแน่นอนก็คือ จากวงจรรูปที่ 5.3  $C_4$  ทุกตัวมีค่า 100 uF เนื่องจาก AFD ต่อขนานกัน ถ้าใช้ AFD จำนวน 100 ตัว ค่า  $C$  รวม ( $C_4$  ทุกตัว) ต่อขนานกันมีค่า  $100 \times 100$  หรือ 10,000 uF ฉะนั้นในสายส่งค่านี้อาจมีค่า  $C$  สูงถึง 10,000 uF จะก่อปัญหาเป็นอันตรายต่อ Power transmission line และรูปร่างของสัญญาณผิดเพี้ยนไปจนกระทั่งไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้ อาจเป็นสาเหตุจำกัดให้คู่สายไม่สามารถให้ AFD ได้ 128 จุดตามที่เราคาดหวัง และเรากำลังพัฒนาต่อไป

## หนังสืออ้างอิง

1. Linear Data Book 1 ของ National Semiconductor ปี 1976.
2. Technical Data, Honeywell, 1959.
3. CMOS Data book ของ Motorola, 1976.
4. CMOS/N MOS Special Functions Data Motorola Inc., 1984.



## กิติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการวิทยานิพนธ์ เรื่องระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และรักษาความปลอดภัยแบบอัตโนมัติ (Automatic Fire Alarm and Security System) ชุดชุดอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Sensor)

ต้องขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์นิกร สุขุมตันติ ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกต่อการทดลอง อันเป็นผลให้การทำโครงการนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและสมบูรณ์ สมตามตั้งใจของคณะผู้จัดทำโครงการนี้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# MC14469

## ADDRESSABLE ASYNCHRONOUS RECEIVER/TRANSMITTER

The MC14469 Addressable Asynchronous Receiver Transmitter is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement devices in a single monolithic structure (CMOS). The MC14469 receives one or two eleven-bit words in a serial data stream. The first incoming word contains the address and when the address matches, the MC14469 is enabled to transmit two data words. Each of the transmitted words contains eight data bits, even parity bit, start and stop bit, in UART compatible format.

The received word contains seven address bits and the address of the MC14469 is set on seven pins. Thus 2<sup>7</sup> or 128 units can be interconnected in simplex or full duplex data transmission. In addition to the address received, seven command bits may optionally be received for data or control use.

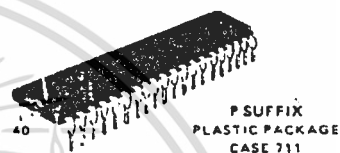
The MC14469 finds application in transmitting data from remote A-to-D converters, remote MPU's or remote digital transducers to a master computer or MPU.

- Supply Voltage Range – 4.5 Vdc to 18 Vdc
- Low Quiescent Current – 75  $\mu$ Adc maximum @ 5 Vdc
- Data Rates to 4800 Baud
- Receive – Serial to Parallel  
Transmit – Parallel to Serial
- Transmit and Receive Simultaneously in Full Duplex
- Crystal or Resonator Operation for On-Chip Oscillator

## CMOS LSI

(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)

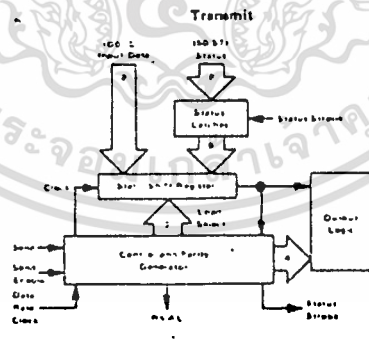
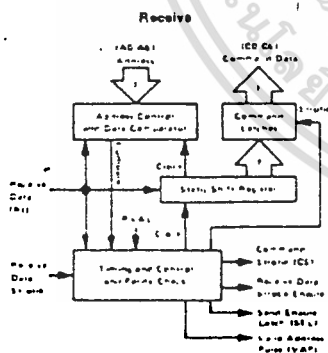
## ADDRESSABLE ASYNCHRONOUS RECEIVER/TRANSMITTER



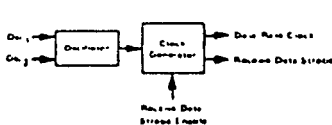
### ORDERING INFORMATION

MC14469 - Suffix	Denotes
L	Ceramic Package
P	Plastic Package

### BLOCK DIAGRAMS



### Clocks



### PIN ASSIGNMENTS

1	Osc1	VDD	40
2	Osc2	C0	39
3	Reset	C1	38
4	A0	C2	37
5	A1	C3	36
6	A2	C4	35
7	A3	C5	34
8	A4	C6	33
9	A5	C5	32
10	A6	VAP	31
11	ID0	Send	30
12	ID1	S0	29
13	ID2	S1	28
14	ID3	S2	27
15	ID4	S3	26
16	ID5	S4	25
17	ID6	S6	24
18	ID7	S6	23
19	RI	S7	22
20	VSS	TRO	21

FIGURE 1 - OSCILLATOR CIRCUIT

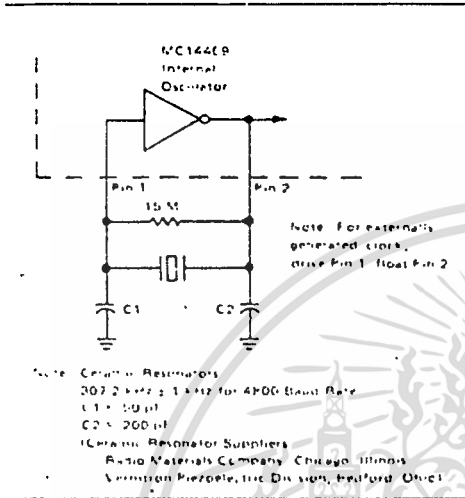


FIGURE 2 - RECTIFIED POWER FROM DATA LINES CIRCUIT

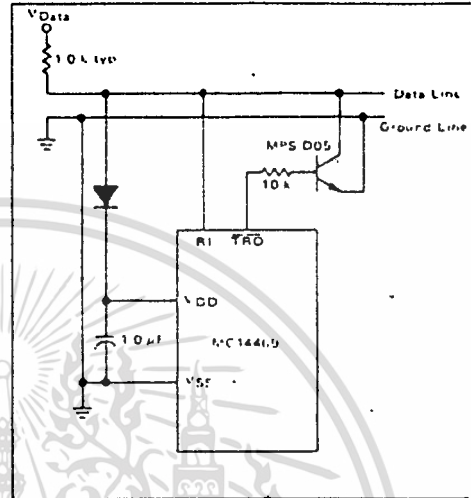


FIGURE 3 - A-D CONVERTER INTERFACE

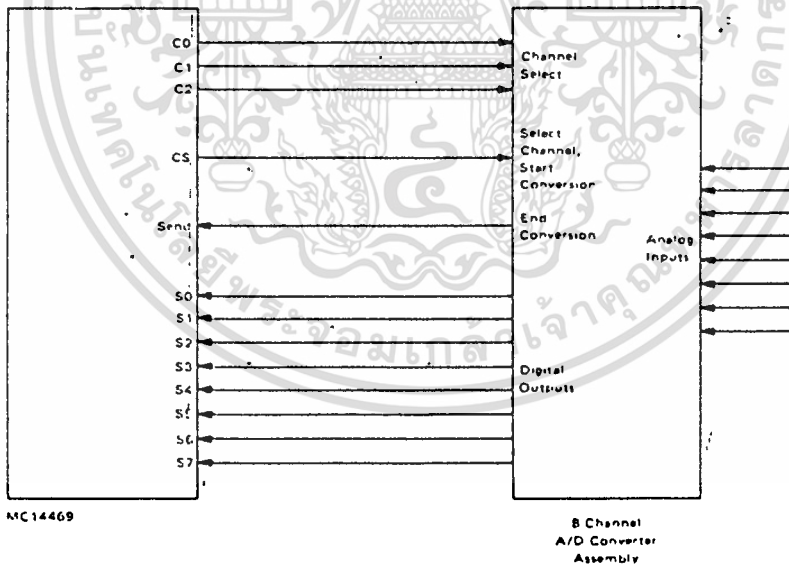


FIGURE 4 - SINGLE LINE, SIMPLEX DATA TRANSMISSION

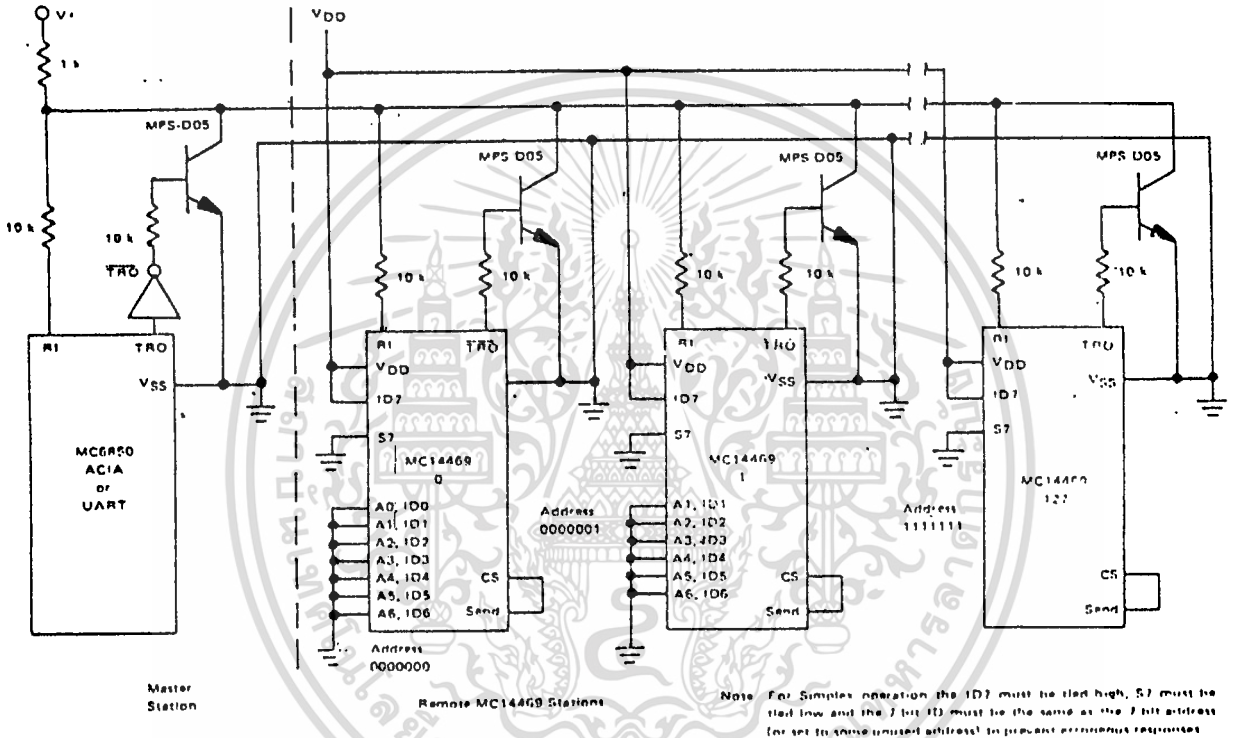
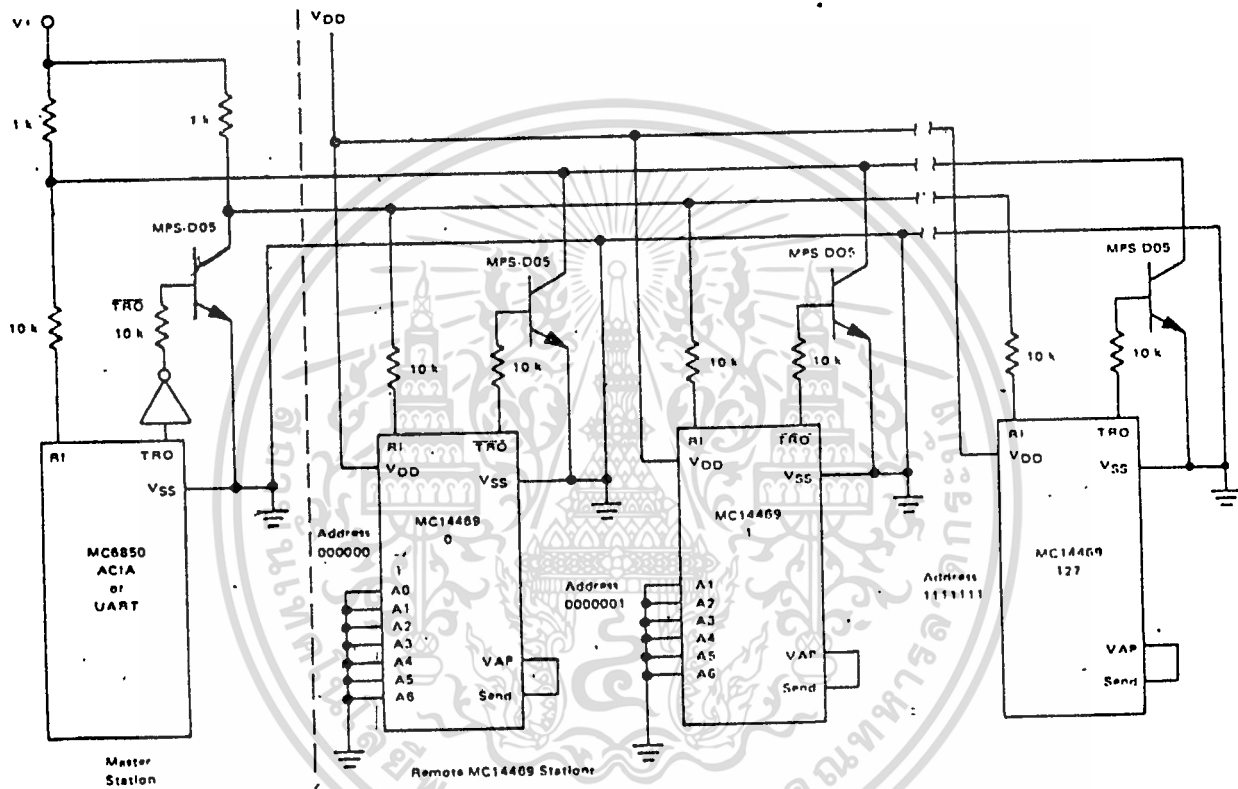
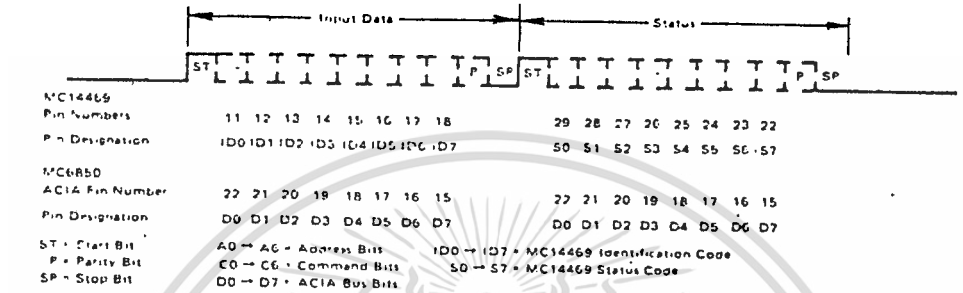
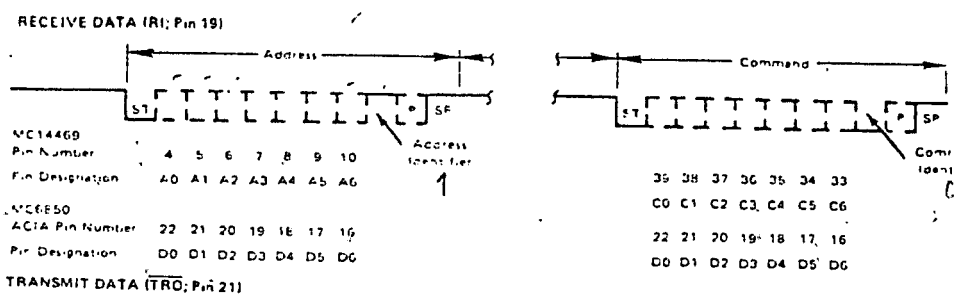
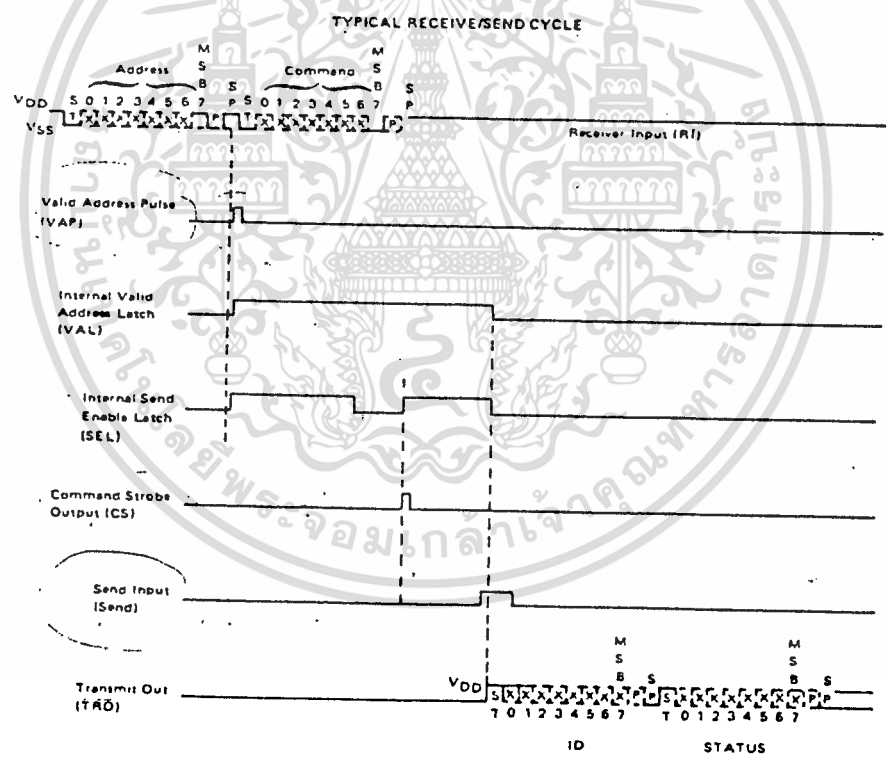


FIGURE 5 - DOUBLE LINE, FULL DUPLEX DATA TRANSMISSION





**CORRESPONDING DATA POSITION AND PINS FOR MC14469 AND MC6850**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ A-05 ศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DEVICE OPERATION

**OSCILLATOR (Osc1, Osc2; Pins 1, 2)** – These pins are the oscillator input and output. (See Figure 1.)

**RESET ( $\overline{\text{Reset}}$ ; Pin 3)** – When this pin is pulled low, the circuit is reset and ready for operation.

**ADDRESS (A0-A6; Pin 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)** – These are the address setting pins which contain the address match for the received signal.

**INPUT DATA (ID0-ID7; Pins 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18)** – These pins contain the input data for the first eight bits of data to be transmitted.

**RECEIVE INPUT (RI; Pin 19)** – This is the receive input pin.

**NEGATIVE POWER SUPPLY ( $V_{SS}$ ; Pin 20)** – This pin is the negative power supply connection. Normally this pin is system ground.

**TRANSMIT REGISTER OUTPUT SIGNAL ( $\overline{\text{TRO}}$ ; Pin 21)** – This pin transmits the outgoing signal. Note that it is inverted from the incoming signal. It must go through one stage of inversion if it is to drive another MC14469.

**SECOND or STATUS INPUT DATA (S0-S7; Pins 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29)** – These pins contain the input data for the second eight bits of data to be transmitted.

**SEND (Send; Pin 30)** – This pin accepts the send command after receipt of an address.

**VALID ADDRESS PULSE (VAP; Pin 31)** – This is the output for the valid address pulse upon receipt of a matched incoming address.

**COMMAND STROBE (CS; Pin 32)** – This is the output for the command strobe signifying a valid set of command data on pins 33-39.

**COMMAND WORD (C0-C6; Pins 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39)** – These pins are the readout of the command word which is the second word of the received signal.

**POSITIVE POWER SUPPLY ( $V_{DD}$ ; Pin 40)** – This pin is the package positive power supply pin.

## OPERATING CHARACTERISTICS

The receipt of a start bit on the Receive Input (RI) line causes the receive clock to start at a frequency equal to that of the oscillator divided by 64. All received data is strobed in at the center of a receive clock period. The start bit is followed by eight data bits. Seven of the bits are compared against states of the address of the particular circuit (A0-A6), while the eighth bit signifies an address word "1", or a command word "0". Next, a parity bit is received and checked by the internal logic for even parity. Finally a stop bit is received. At the completion of the cycle if the address compared, a Valid Address Pulse (VAP) occurs. Immediately following the address word, a command word is received. It also contains a start bit, eight data bits, even parity bit, and a stop bit. The eight data bits are composed of a seven-bit command, and a

"0" which indicates a command word. At the end of the command word a Command Strobe Pulse (CS) occurs.

A negative transition on the Send input initiates the transmit sequence. Again the transmitted data is made up of two eleven-bit words. The data portion of the first word is made up from Input Data inputs (ID0-ID7), and the data for the second word from Second Input Data (S0-S7) inputs. This data is latched before the start of transmit of the first of the two words. The transmitted signal is the inversion of the standard UART TRO, which allows the use of an inverting amplifier to drive the lines.

The oscillator can be crystal controlled or ceramic resonator controlled for required accuracy. Pin 1 may be driven from an external clock source. See Figure 1.

QUAD SINGLE SUPPLY COMPARATORS

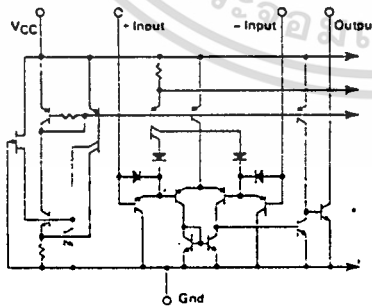
These comparators are designed for use in level detection, low-level sensing and memory applications in Consumer Automotive and Industrial electronic applications.

- Single or Split Supply Operation
- Low Input Bias Current — 25 nA (Typ)
- Low Input Offset Current —  $\pm 5.0$  nA (Typ)
- Low Input Offset Voltage —  $\pm 1.0$  mV (Typ LM139A Series)
- Input Common-Mode Voltage Range to Gnd
- Low Output Saturation Voltage — 130 mV (Typ) @ 4.0 mA
- TTL and CMOS Compatible

MAXIMUM RATINGS

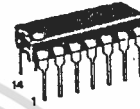
Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage LM139, A/LM239, A/ LM339A/LM2901 MC3302	V <sub>CC</sub>	+36 or $\pm 18$ -30 or $\pm 15$	Vdc
Input Differential Voltage Range LM139, A/LM239, A/LM339, A/LM2901 MC3302	V <sub>IDR</sub>	36 30	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V <sub>ICR</sub>	-0.3 to V <sub>CC</sub>	Vdc
Output Short-Circuit to Gnd (Note 1)	I <sub>SC</sub>	Continuous	
Input Current (V <sub>in</sub> < -0.3 Vdc) (Note 2)	I <sub>in</sub>	50	mA
Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C Ceramic Package Derate above 25°C Plastic Package Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	1.0 8.0 1.0 8.0	Watts mW/°C Watts mW/°C
Junction Temperature Ceramic & Metal Package Plastic Package	T <sub>J</sub>	175 150	°C
Operating Ambient Temperature Range LM139, A LM239, A MC3302 LM2901 LM339, A	T <sub>A</sub>	-55 to +125 -25 to +85 -40 to +85 -40 to +105 0 to +70	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-65 to -150	°C

FIGURE 1 — CIRCUIT SCHEMATIC (Diagram shown is for 1 comparator)



QUAD COMPARATORS

SILICON MONOLITHIC  
INTEGRATED CIRCUIT



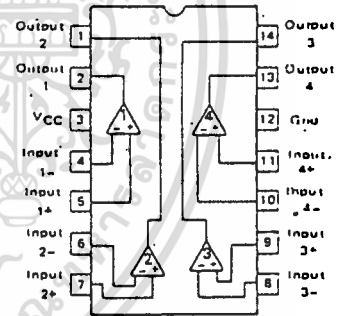
N, P SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 646

J, L SUFFIX  
CERAMIC PACKAGE  
CASE 632



D SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 751A  
(SO-14)

PIN CONNECTIONS



(Top View)

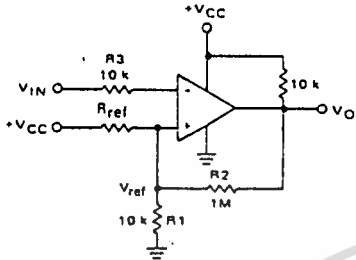
ORDERING INFORMATION

Device	Temperature Range	Package
LM139J, AJ	-55°C to +125°C	Ceramic DIP
LM239D, AD LM239J, AJ LM239N, AN	-25°C to +85°C	SO-14 Ceramic DIP Plastic DIP
LM339D, AD LM339J, AJ LM339N, AN	0°C to +70°C	SO-14 Ceramic DIP Plastic DIP
LM2901D LM2901N	-40°C to +105°C	SO-14 Plastic DIP
MC3302L MC3302P	-40°C to +85°C	Ceramic DIP Plastic DIP



LM139,A, LM239,A, LM339,A, LM2901, MC3302

FIGURE 2 — INVERTING COMPARATOR WITH HYSTERESIS



$$V_{ref} = \frac{V_{CC} R_1}{R_{ref} + R_1}$$

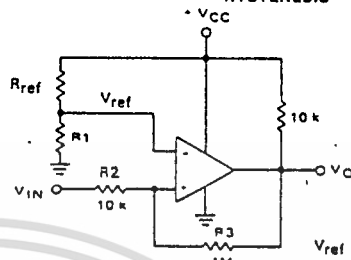
$$R_3 \geq R_1 // R_{ref} // R_2$$

$$V_H = \frac{R_1 // R_{ref}}{R_1 // R_{ref} + R_2} (V_{Omax} - V_{Omin})$$

$$R_2 \gg R_{ref} // R_1$$

TYPICAL CHARACTERISTICS  
( $V_{CC} = +15$  Vdc,  $T_A = +25^\circ\text{C}$  (each comparator) unless otherwise noted.)

FIGURE 3 — NON-INVERTING COMPARATOR WITH HYSTERESIS



$$V_{ref} = \frac{V_{CC} R_1}{R_{ref} + R_1}$$

$$R_2 \approx R_1 // R_{ref}$$

Amount of Hysteresis  $V_H$

$$V_H = \frac{R_2}{R_2 - R_3} (V_{Omax} - V_{Omin})$$

FIGURE 4 — NORMALIZED INPUT OFFSET VOLTAGE

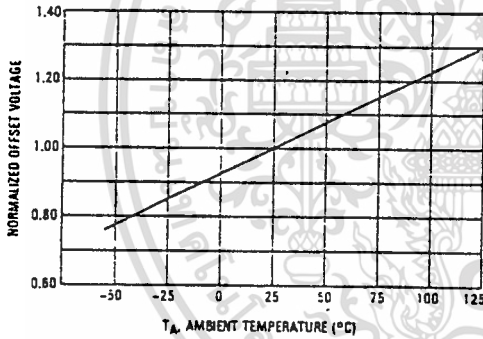


FIGURE 5 — INPUT BIAS CURRENT

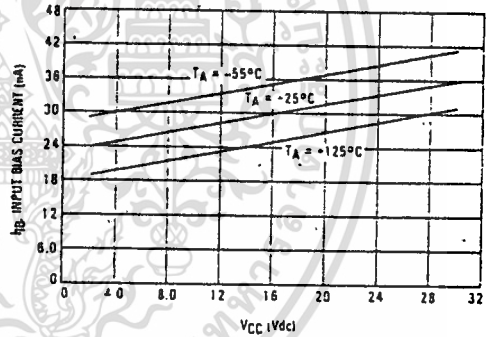
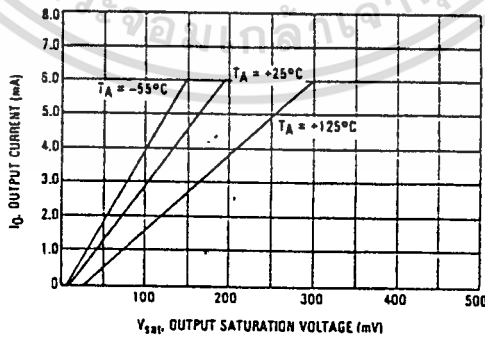


FIGURE 6 — OUTPUT SINK CURRENT versus OUTPUT SATURATION VOLTAGE





**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V <sub>CEO</sub>	40	V <sub>dc</sub>
Collector-Base Voltage	V <sub>CBO</sub>	60	V <sub>dc</sub>
Emitter-Base Voltage	V <sub>EB0</sub>	5.0	V <sub>dc</sub>
Collector Current — Continuous	I <sub>C</sub>	500	mA <sub>dc</sub>
Total Device Dissipation (at T <sub>A</sub> = 25°C Derate above 25°C)	P <sub>D</sub>	625 5.0	mW mW/°C
Total Device Dissipation (at T <sub>C</sub> = 25°C Derate above 25°C)	P <sub>D</sub>	1.5 12	Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	-55 to +150	°C

**THERMAL CHARACTERISTICS**

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	R <sub>θJC</sub>	83.3	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Ambient	R <sub>θJA</sub>	200	°C/W

**2N4400**  
**2N4401**

CASE 29-02, STYLE 1  
TO-92 (TO-226AA)

**GENERAL PURPOSE**  
**TRANSISTOR**

NPN SILICON

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted.)**

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>				
Collector-Emitter Breakdown Voltage(1) (I <sub>C</sub> = 1.0 mA <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 0)	V <sub>(BR)CEO</sub>	40	—	V <sub>dc</sub>
Collector-Base Breakdown Voltage (I <sub>C</sub> = 0.1 mA <sub>dc</sub> , I <sub>E</sub> = 0)	V <sub>(BR)CBO</sub>	60	—	V <sub>dc</sub>
Emitter-Base Breakdown Voltage (I <sub>E</sub> = 0.1 mA <sub>dc</sub> , I <sub>C</sub> = 0)	V <sub>(BR)EBO</sub>	5.0	—	V <sub>dc</sub>
Base Cutoff Current (V <sub>CE</sub> = 35 V <sub>dc</sub> , V <sub>EB</sub> = 0.4 V <sub>dc</sub> )	I <sub>BEV</sub>	—	0.1	μA <sub>dc</sub>
Collector Cutoff Current (V <sub>CE</sub> = 35 V <sub>dc</sub> , V <sub>EB</sub> = 0.4 V <sub>dc</sub> )	I <sub>CEX</sub>	—	0.1	μA <sub>dc</sub>
<b>ON CHARACTERISTICS(1)</b>				
DC Current Gain (I <sub>C</sub> = 0.1 mA <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 1.0 V <sub>dc</sub> )	h <sub>FE</sub>	20	—	—
(I <sub>C</sub> = 1.0 mA <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 1.0 V <sub>dc</sub> )		20 40	—	—
(I <sub>C</sub> = 10 mA <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 1.0 V <sub>dc</sub> )		40 50	—	—
(I <sub>C</sub> = 150 mA <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 1.0 V <sub>dc</sub> )		50 100	150 300	—
(I <sub>C</sub> = 500 mA <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 2.0 V <sub>dc</sub> )		20 40	—	—
Collector-Emitter Saturation Voltage (I <sub>C</sub> = 150 mA <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 15 mA <sub>dc</sub> ) (I <sub>C</sub> = 500 mA <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 50 mA <sub>dc</sub> )	V <sub>CE(sat)</sub>	—	0.4 0.75	V <sub>dc</sub>
Base-Emitter Saturation Voltage (I <sub>C</sub> = 150 mA <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 15 mA <sub>dc</sub> ) (I <sub>C</sub> = 500 mA <sub>dc</sub> , I <sub>B</sub> = 50 mA <sub>dc</sub> )	V <sub>BE(sat)</sub>	0.75	0.95 1.2	V <sub>dc</sub>
<b>SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS</b>				
Current Gain — Bandwidth Product (I <sub>C</sub> = 20 mA <sub>dc</sub> , V <sub>CE</sub> = 10 V <sub>dc</sub> , f = 100 MHz)	f <sub>T</sub>	200 250	—	MHz
Collector-Base Capacitance (V <sub>CB</sub> = 5.0 V <sub>dc</sub> , I <sub>E</sub> = 2, f = 100 kHz)	C <sub>cb</sub>	—	5.5	pF

SMALL-SIGNAL DEVICES

MOTOROLA SEMICONDUCTORS

2N4400, 2N4401

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) (T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted.)

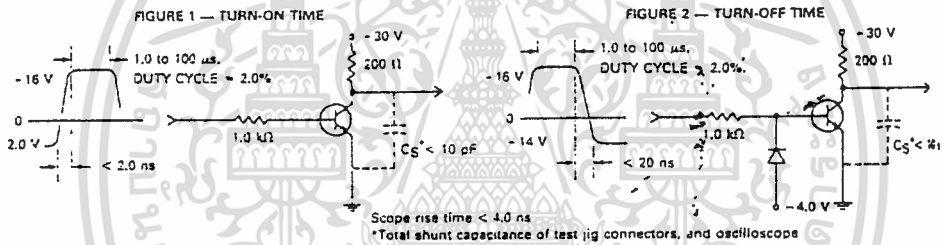
Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
Emitter-Base Capacitance (V <sub>GE</sub> = 0.5 Vdc, I <sub>C</sub> = 0, f = 100 kHz)	C <sub>eb</sub>	—	30	pF
Input Impedance (I <sub>C</sub> = 1.0 mAac, V <sub>CE</sub> = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	h <sub>ie</sub>	0.5 1.0	7.5 15	k ohms
Voltage Feedback Ratio (I <sub>C</sub> = 1.0 mAac, V <sub>CE</sub> = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	h <sub>re</sub>	0.1	8.0	× 10 <sup>-4</sup>
Small-Signal Current Gain (I <sub>C</sub> = 1.0 mAac, V <sub>CE</sub> = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	h <sub>fe</sub>	20 30	250 500	—
Output Admittance (I <sub>C</sub> = 1.0 mAac, V <sub>CE</sub> = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	h <sub>oe</sub>	1.0	30	μmhos

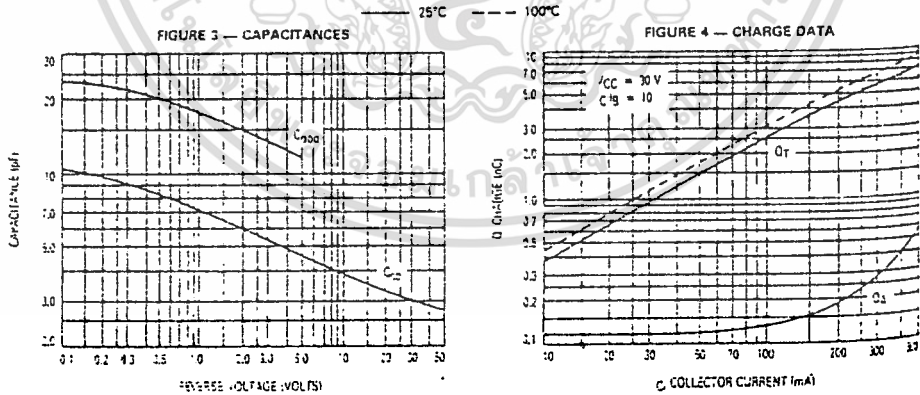
SWITCHING CHARACTERISTICS				
Delay Time	(V <sub>CC</sub> = 30 Vdc, V <sub>EB</sub> = 2.0 Vdc, I <sub>C</sub> = 150 mAac, I <sub>B</sub> = 15 mAac)	t <sub>d</sub>	—	15 ns
Rise Time		t <sub>r</sub>	—	20 ns
Storage Time	(V <sub>CC</sub> = 30 Vdc, I <sub>C</sub> = 150 mAac, I <sub>B</sub> = I <sub>C</sub> )	t <sub>s</sub>	—	225 ns
Fall Time		t <sub>f</sub>	—	30 ns

(1) Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 μs, Duty Cycle ≤ 2.0%.

SWITCHING TIME EQUIVALENT TEST CIRCUITS



TRANSIENT CHARACTERISTICS



MOTOROLA SEMICONDUCTORS

SMALL-SIGNAL DEVICES

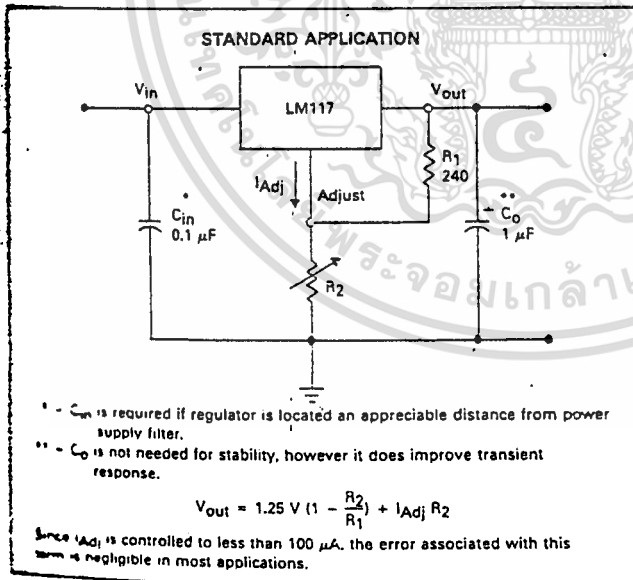
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THREE-TERMINAL ADJUSTABLE  
OUTPUT POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

The LM117/217/317 are adjustable 3-terminal positive voltage regulators capable of supplying in excess of 1.5 A over an output voltage range of 1.2 V to 37 V. These voltage regulators are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, they employ internal current limiting, thermal shutdown and safe area compensation, making them essentially blow-out proof.

The LM117 series serve a wide variety of applications including local, on card regulation. This device can also be used to make a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment and output, the LM117 series can be used as a precision current regulator.

- Output Current in Excess of 1.5 Ampere in K and T Suffix Packages
- Output Current in Excess of 0.5 Ampere in H Suffix Package
- Output Adjustable between 1.2 V and 37 V
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current Limiting Constant with Temperature
- Output Transistor Safe-Area Compensation
- Floating Operation for High Voltage Applications
- Standard 3-lead Transistor Packages
- Eliminates Stocking Many Fixed Voltages

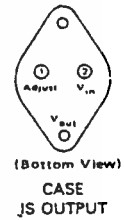
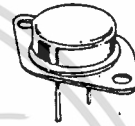


LM117  
LM217  
LM317

THREE-TERMINAL  
ADJUSTABLE POSITIVE  
VOLTAGE REGULATORS

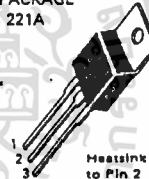
SILICON MONOLITHIC  
INTEGRATED CIRCUIT

K SUFFIX  
METAL PACKAGE  
CASE 1



Pins 1 and 2 electrically isolated from case.  
Case is third electrical connection.

T SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 221A

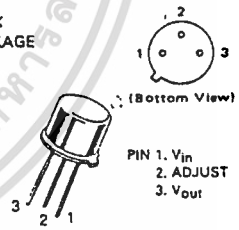


PIN 1. ADJUST  
2.  $V_{out}$   
3.  $V_{in}$

Heatsink surface connected to Pin 2

H SUFFIX  
METAL PACKAGE  
CASE 79

CASE IS OUTPUT



ORDERING INFORMATION

Device	Tested Operating Temperature Range	Package
LM117H LM117K	$T_J = -55^\circ C$ to $+150^\circ C$	Metal Can Metal Power
LM217H LM217K	$T_J = -25^\circ C$ to $+150^\circ C$	Metal Can Metal Power
LM317H LM317K LM317T	$T_J = 0^\circ C$ to $+125^\circ C$	Metal Can Metal Power Plastic Power
LM317BT	$T_J = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$	Plastic Power

\*Automotive temperature range selections are available with special test conditions and additional tests.  
Contact your local Motorola sales office for information.

# LM117, LM217, LM317

## MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Input-Output Voltage Differential	$V_I - V_O$	40	Vdc
Power Dissipation	$P_D$	Internally Limited	
Operating Junction Temperature Range	$T_J$	LM117 -55 to +150 LM217 -25 to +150 LM317 0 to +150	°C
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-65 to +150	°C

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_I - V_O = 5.0$  V;  $I_O = 0.5$  A for K and T packages;  $I_O = 0.1$  A for H package;  $T_J = T_{low}$  to  $T_{high}$  [see Note 1];  $I_{max}$  and  $P_{max}$  per Note 2; unless otherwise specified.)

Characteristic	Figure	Symbol	LM117/217			LM317			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Line Regulation (Note 3) $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $3.0\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$	1	Regline	—	0.01	0.02	—	0.01	0.04	%V
Load Regulation (Note 3) $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{max}$ $V_O \leq 5.0\text{ V}$ $V_O \geq 5.0\text{ V}$	2	Regload	—	5.0 0.1	15 0.3	—	5.0 0.1	25 0.5	mV %V <sub>O</sub>
Thermal Regulation ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ ) 20 ms Pulse	—	—	—	0.02	0.07	—	0.03	0.07	%W
Adjustment Pin Current	3	$I_{Adj}$	—	50	100	—	50	100	$\mu\text{A}$
Adjustment Pin Current Change $2.5\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$ $10\text{ mA} \leq I_L \leq I_{max}$ , $P_D \leq P_{max}$	1,2	$\Delta I_{Adj}$	—	0.2	5.0	—	0.2	5.0	$\mu\text{A}$
Reference Voltage (Note 4) $3.0\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$ $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{max}$ , $P_D \leq P_{max}$	3	$V_{ref}$	1.2	1.25	1.3	1.2	1.25	1.3	V
Line Regulation (Note 3) $3.0\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$	1	Regline	—	0.02	0.05	—	0.02	0.07	%V
Load Regulation (Note 3) $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{max}$ $V_O \leq 5.0\text{ V}$ $V_O \geq 5.0\text{ V}$	2	Regload	—	20 0.3	50 1.0	—	20 0.3	70 1.5	mV %V <sub>O</sub>
Temperature Stability ( $T_{low} \leq T_J \leq T_{high}$ )	3	$T_S$	—	0.7	—	—	0.7	—	%V <sub>O</sub>
Minimum Load Current to Maintain Regulation ( $V_I - V_O = 40\text{ V}$ )	3	$I_{Lmin}$	—	3.5	5.0	—	3.5	10	mA
Maximum Output Current $V_I - V_O \leq 15\text{ V}$ , $P_D \leq P_{max}$ K and T Packages H Package $V_I - V_O = 40\text{ V}$ , $P_D \leq P_{max}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ K and T Packages H Package	3	$I_{max}$	1.5 0.5	2.2 0.8	— —	1.5 0.5	2.2 0.8	— —	A
RMS Noise, % of $V_O$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $10\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$	—	N	—	0.003	—	—	0.003	—	%V <sub>O</sub>
Ripple Rejection, $V_O = 10\text{ V}$ , $f = 120\text{ Hz}$ (Note 5) Without $C_{Adj}$ $C_{Adj} = 10\text{ }\mu\text{F}$	4	RR	—	65 80	— —	— 66	65 80	— —	dB
Long-Term Stability, $T_J = T_{high}$ (Note 6) $T_A = 25^\circ\text{C}$ for Endpoint Measurements	3	S	—	0.3	1.0	—	0.3	1.0	%/1.0 k Hrs
Thermal Resistance Junction to Case H Package K Package T Package	—	$R_{\theta JC}$	—	12 2.3	15 3.0	—	12 2.3	15 3.0	°C/W

NOTES: (1)  $T_{low} = -55^\circ\text{C}$  for LM117  $T_{high} = +150^\circ\text{C}$  for LM117  
 $-25^\circ\text{C}$  for LM217  $+150^\circ\text{C}$  for LM217  
 $0^\circ\text{C}$  for LM317  $+125^\circ\text{C}$  for LM317

(2)  $I_{max} = 1.5\text{ A}$  for K and T Packages  
 $0.5\text{ A}$  for H Package  
 $P_{max} = 20\text{ W}$  for K Package  
 $20\text{ W}$  for T Package  
 $2.0\text{ W}$  for H Package

(3) Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must

be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

(4) Selected devices with tightened tolerance reference voltage available.

(5)  $C_{Adj}$ , when used, is connected between the adjustment pin and ground.

(6) Since Long-Term Stability cannot be measured on each device before shipment, this specification is an engineering estimate of average stability from lot to lot.

MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

SCHEMATIC DIAGRAM

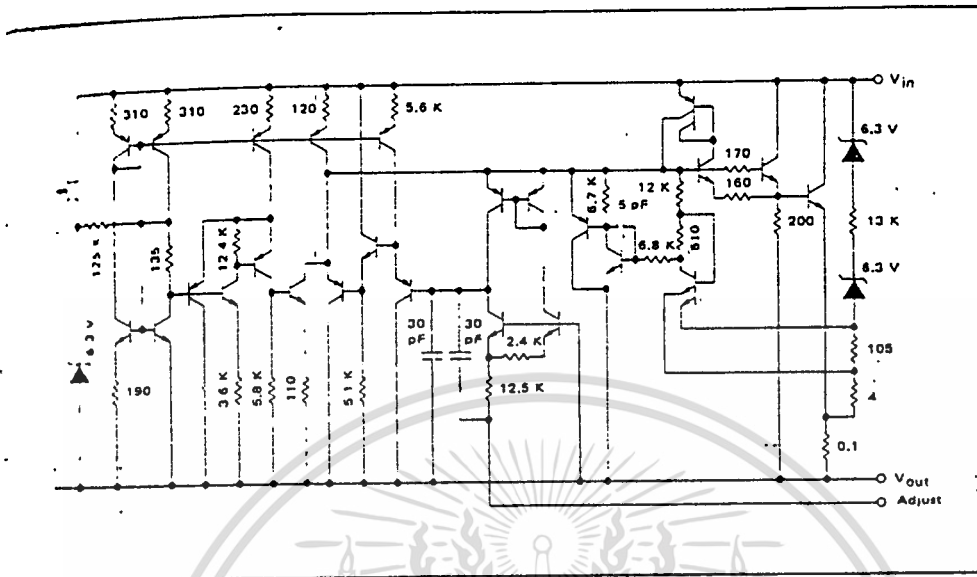
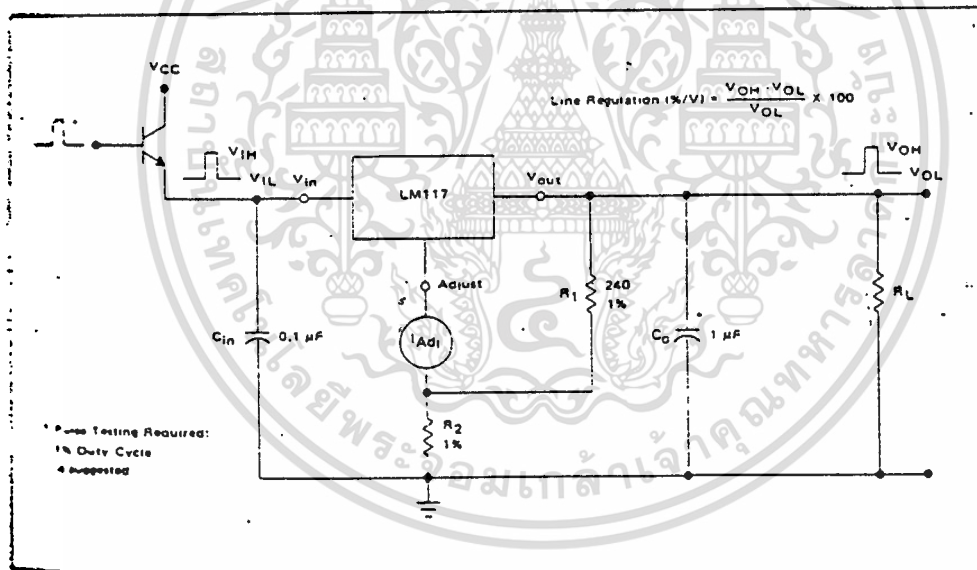


FIGURE 1 - LINE REGULATION AND  $\Delta I_{Adj}$ /LINE TEST CIRCUIT



# LM117, LM217, LM317

FIGURE 2 - LOAD REGULATION AND  $\Delta I_{Adj}$ /LOAD TEST CIRCUIT

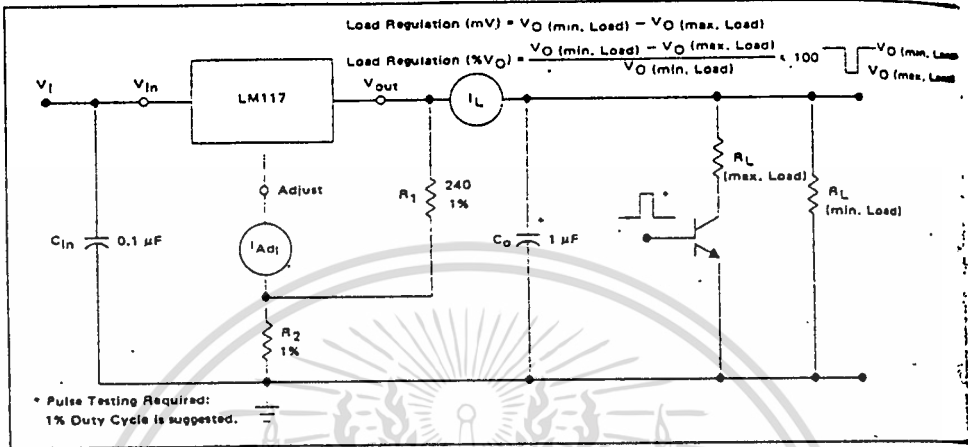


FIGURE 3 - STANDARD TEST CIRCUIT

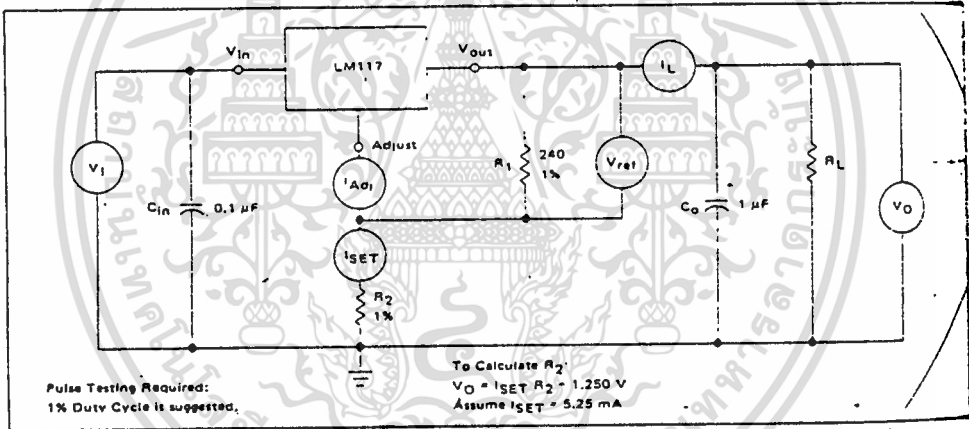
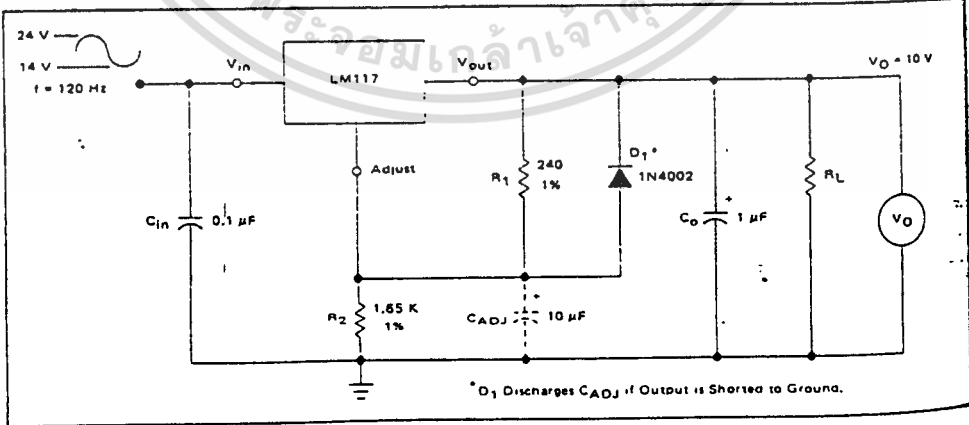


FIGURE 4 - RIPPLE REJECTION TEST CIRCUIT



MOTOROLA LINEAR INTERFACE DEVICES

# LM117, LM217, LM317

## APPLICATIONS INFORMATION

### BASIC CIRCUIT OPERATION

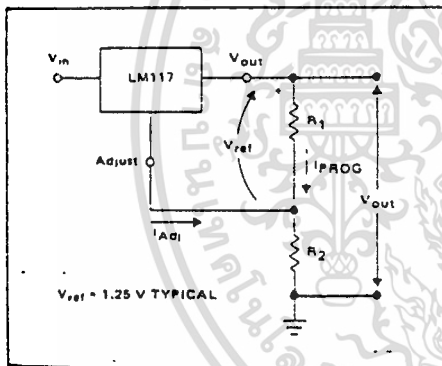
The LM117 is a 3-terminal floating regulator. In operation, the LM117 develops and maintains a nominal 1.25 volt reference ( $V_{ref}$ ) between its output and adjustment terminals. This reference voltage is converted to a programming current ( $I_{PROG}$ ) by  $R_1$  (see Figure 17), and this constant current flows through  $R_2$  to ground. The regulated output voltage is given by:

$$V_{out} = V_{ref} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{Adj} R_2$$

Since the current from the adjustment terminal ( $I_{Adj}$ ) represents an error term in the equation, the LM117 was designed to control  $I_{Adj}$  to less than  $100 \mu A$  and keep it constant. To do this, all quiescent operating current is returned to the output terminal. This imposes the requirement for a minimum load current. If the load current is less than this minimum, the output voltage will rise.

Since the LM117 is a floating regulator, it is only the voltage differential across the circuit which is important to performance, and operation at high voltages with respect to ground is possible.

FIGURE 17 - BASIC CIRCUIT CONFIGURATION



### LOAD REGULATION

The LM117 is capable of providing extremely good load regulation, but a few precautions are needed to obtain maximum performance. For best performance, the programming resistor ( $R_1$ ) should be connected as close to the regulator as possible to minimize line drops which effectively appear in series with the reference, thereby degrading regulation. The ground end of  $R_2$  can be returned near the load ground to provide remote ground sensing and improve load regulation.

### EXTERNAL CAPACITORS

A  $0.1 \mu F$  disc or  $1 \mu F$  tantalum input bypass capacitor ( $C_{in}$ ) is recommended to reduce the sensitivity to input line impedance.

The adjustment terminal may be bypassed to ground to improve ripple rejection. This capacitor ( $C_{ADJ}$ ) prevents ripple from being amplified as the output voltage is increased. A  $10 \mu F$  capacitor should improve ripple rejection about 15dB at 120 Hz in a 10 volt application.

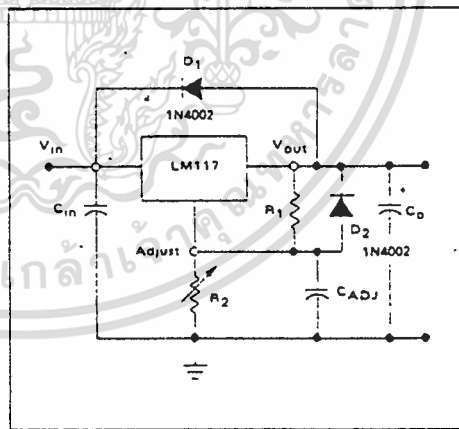
Although the LM117 is stable with no output capacitance, like any feedback circuit, certain values of external capacitance can cause excessive ringing. An output capacitance ( $C_o$ ) in the form of a  $1 \mu F$  tantalum or  $25 \mu F$  aluminum electrolytic capacitor on the output swamps this effect and insures stability.

### PROTECTION DIODES

When external capacitors are used with any I.C. regulator it is sometimes necessary to add protection diodes to prevent the capacitors from discharging through low current points into the regulator.

Figure 18 shows the LM117 with the recommended protection diodes for output voltages in excess of 25 V or high capacitance values ( $C_o > 25 \mu F$ ,  $C_{ADJ} > 10 \mu F$ ). Diode  $D_1$  prevents  $C_o$  from discharging thru the I.C. during an input short circuit. Diode  $D_2$  protects against capacitor  $C_{ADJ}$  discharging through the I.C. during an output short circuit. The combination of diodes  $D_1$  and  $D_2$  prevents  $C_{ADJ}$  from discharging through the I.C. during an input short circuit.

FIGURE 18 - VOLTAGE REGULATOR WITH PROTECTION DIODES



# LM117, LM217, LM317

FIGURE 19 - "LABORATORY" POWER SUPPLY WITH ADJUSTABLE CURRENT LIMIT AND OUTPUT VOLTAGE

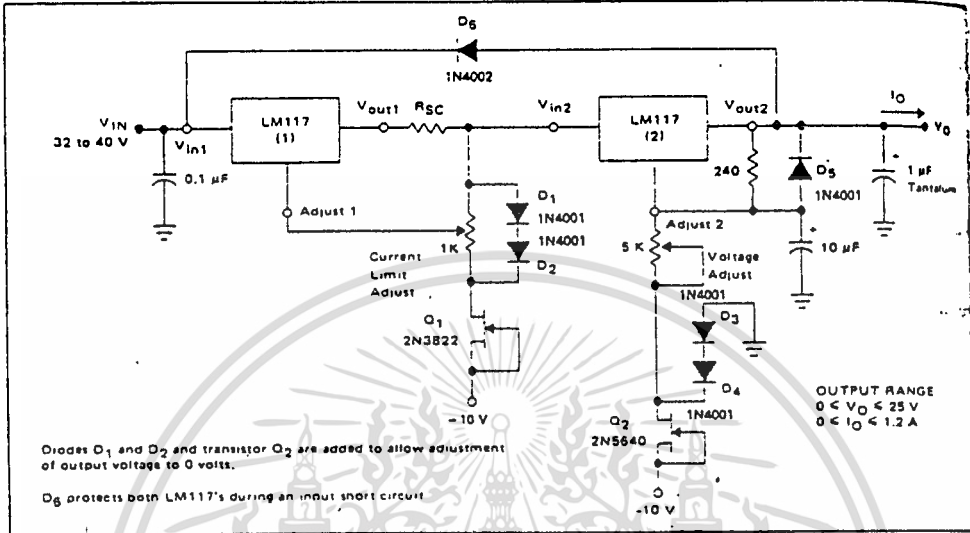


FIGURE 20 - ADJUSTABLE CURRENT LIMITER

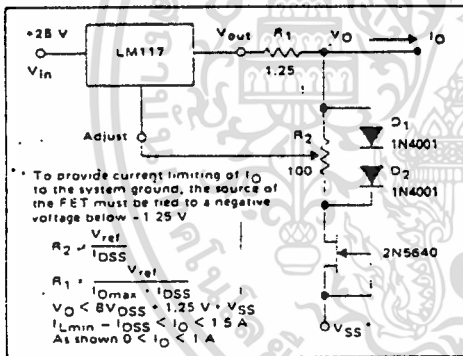


FIGURE 22 - SLOW TURN-ON REGULATOR

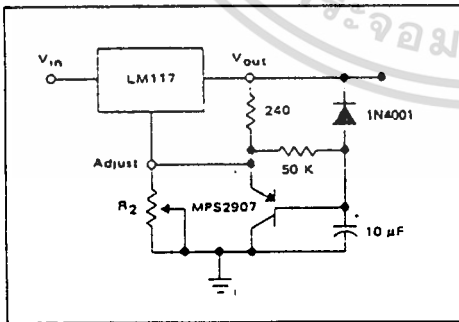


FIGURE 21 - 5 V ELECTRONIC SHUT DOWN REGULATOR

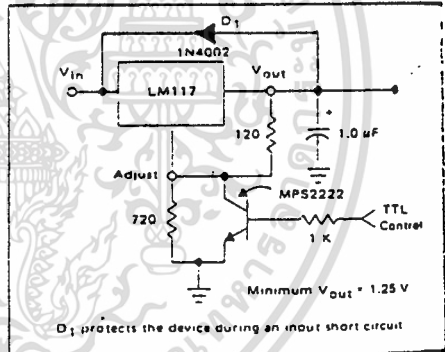
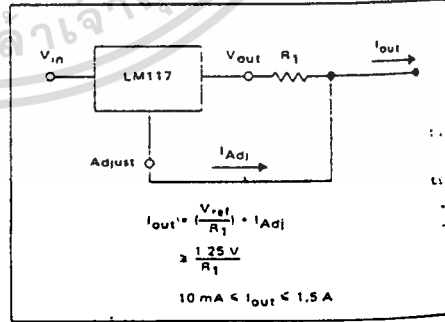


FIGURE 23 - CURRENT REGULATOR



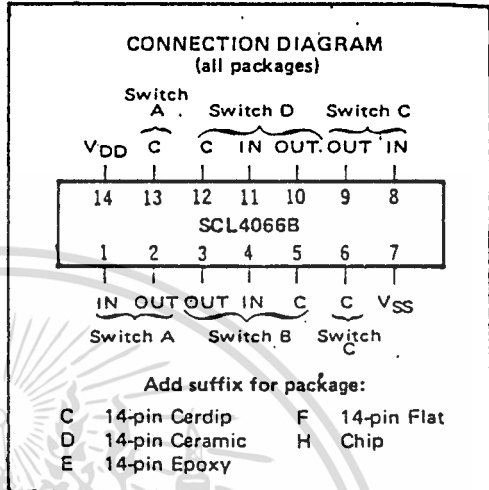


FEATURES

- ◆ Transmission or Multiplexing of Analog or Digital Signals
- ◆ 80Ω Typical ON-Resistance for 15-Volt operation
- ◆ Switch ON-Resistance Matched to within 5Ω over 15-Volt Signal-Input Range
- ◆ ON-Resistance Flat over Full Peak-to-Peak Signal Range
- ◆ High Degree of Linearity:
  - ≤ 0.5% Distortion (typ) @  $f_{is} = 1\text{kHz}$ ,  $V_{is} = 5V_{p-p}$ ,  $V_{DD} - V_{SS} \geq 10V$ ,  $R_L = 10k\Omega$
- ◆ Extremely Low OFF switch Leakage Resulting in very Low Offset Current and High Effective OFF Resistance:
  - 10pA (typ) @  $V_{DD} - V_{SS} = 10V$ ,  $T_A = 25^\circ C$
- ◆ Extremely High Control Input Impedance (Control Circuit Isolated from Signal Circuit):
  - $10^{12}\Omega$  (typ)
- ◆ Low Crosstalk between Switches:
  - 50dB (typ) @  $f_{is} = 0.9\text{MHz}$ ,  $R_L = 1k\Omega$
- ◆ Matched Control-Input to Signal-Output Capacitance Reduces Output Signal Transients
- ◆ Frequency Response, Switch ON = 40MHz (typ)

DESCRIPTION

The SCL4066B is a Quad Bilateral Switch intended for the transmission or multiplexing of analog or digital signals. It is pin-for-pin compatible with the SCL4016B, but exhibits a much lower ON-resistance. In addition, the ON-resistance is relatively constant over the full input signal range. The SCL4066 consists of four independent bilateral switches. A single control signal is required per switch. Both the P and the N device in a given switch are biased ON or OFF simultaneously by the control signal. As shown below, the well of the N-channel device on each switch is either tied to the input when the switch is ON or to  $V_{SS}$  when the switch is OFF. This configuration minimizes the variation of the switch-transistor threshold



RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

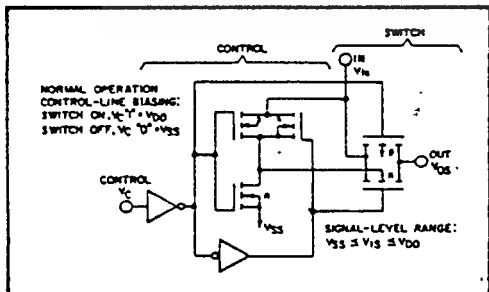
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	$T_A$	-55 to +125	°C
C, D, F, H Device		-40 to +85	°C
E Device			

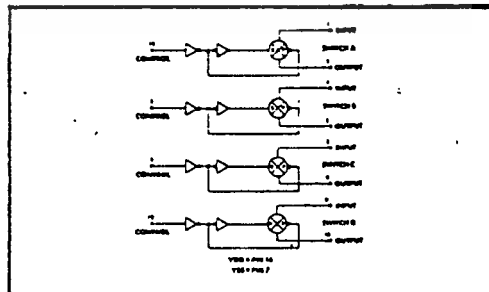
voltage with input-signal, and thus keeps the ON-resistance low over the full operating range.

The advantages over single-channel switches include peak input-signal voltage swings equal to the full supply voltage, and more constant ON-impedance over the input-signal range. For sample-and-hold applications, however, the SCL4016 is recommended.

SCHEMATIC DIAGRAM (one of four switches)



LOGIC DIAGRAM



## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### STATIC CHARACTERISTICS <sup>1,2</sup>

PARAMETER	CONDITIONS <sup>3</sup>	V <sub>SS</sub> (Vdc)	V <sub>DD</sub> (Vdc)	T <sub>LOW</sub> <sup>1</sup>		25°C			T <sub>HIGH</sub> <sup>2</sup>		Units	
				Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.		
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I <sub>DD</sub> V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub> All valid input combinations	0	5	-	0.05	-	0.0005	0.05	-	1.5	μA <sub>dc</sub>	
		0	10	-	0.1	-	0.001	0.1	-	3.0		
		0	15	-	0.2	-	0.002	0.2	-	6.0		
MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE (Control Input)	V <sub>IH</sub> V <sub>IS</sub> = V <sub>SS</sub> V <sub>OS</sub> = V <sub>DD</sub> I <sub>OS</sub> = 10μA	0	5	-	4.0	-	2.75	4.0	-	4.0	Vdc	
		0	10	-	8.0	-	5.5	8.0	-	8.0		
		0	15	-	12.0	-	8.25	12.0	-	12.0		
MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE (Control Input)	V <sub>IL</sub> V <sub>IS</sub> = V <sub>SS</sub> V <sub>OS</sub> = V <sub>DD</sub> I <sub>OS</sub> = 10μA	0	5	1.0	-	1.0	2.25	-	1.0	-	Vdc	
		0	10	2.0	-	2.0	4.5	-	2.0	-		
		0	15	3.0	-	3.0	6.75	-	3.0	-		
SWITCH INPUT/OUTPUT LEAKAGE	I <sub>OFF</sub> V <sub>C</sub> = V <sub>SS</sub> V <sub>IS</sub> = ±7.5Vdc	-7.5	+7.5	-	±100	-	±0.01	±100	-	±200	nA <sub>dc</sub>	
ON-RESISTANCE C,D,F,H device	R <sub>ON</sub> V <sub>C</sub> = V <sub>DD</sub> V <sub>SS</sub> < V <sub>IS</sub> < V <sub>DD</sub> R <sub>L</sub> = 10kΩ	-7.5	+7.5	-	220	-	80	280	-	320	Ω	
		0	+15	-	-	-	-	-	-	-		
		-5	+5	-	310	-	120	400	-	550		
	E device	R <sub>ON</sub> V <sub>C</sub> = V <sub>DD</sub> V <sub>SS</sub> < V <sub>IS</sub> < V <sub>DD</sub> R <sub>L</sub> = 10kΩ	-2.5	+2.5	-	2000	-	270	2500	-	3500	Ω
			0	+5	-	-	-	-	-	-	-	
			-5	+5	-	330	-	120	400	-	520	
ON-RESISTANCE MATCH (Same package)	ΔR <sub>ON</sub> V <sub>C</sub> = V <sub>DD</sub> V <sub>SS</sub> < V <sub>IS</sub> < V <sub>DD</sub> R <sub>L</sub> = 10kΩ	-7.5	+7.5	-	-	-	5	-	-	-	Ω	
		0	+15	-	-	-	-	-	-	-		
		-5	+5	-	-	-	10	-	-	-		
		-2.5	+2.5	-	-	-	10	-	-	-	Ω	
		0	+5	-	-	-	-	-	-	-	Ω	

NOTES: <sup>1</sup> Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications"

<sup>2</sup> T<sub>LOW</sub> = -55°C for C, D, F, H device.

= -40°C for E device.

T<sub>HIGH</sub> = +125°C for C, D, F, H device.

= + 85°C for E device.

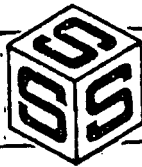
<sup>3</sup> This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

DYNAMIC CHARACTERISTICS ( $C_L = 50\text{pF}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

PARAMETER	CONDITIONS	V <sub>SS</sub> (Vdc)	V <sub>DD</sub> (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units			
SIGNAL INPUTS (V <sub>is</sub> ) AND OUTPUTS (V <sub>os</sub> )										
PROPAGATION DELAY TIME Signal Input to Signal Output	t <sub>PLH</sub> , t <sub>PHL</sub>	V <sub>c</sub> =V <sub>DD</sub> V <sub>b</sub> =Square Wave R <sub>L</sub> = 10kΩ	0 0 0	5 10 15	- - -	20 10 7.5	40 20 15	ns		
	BANDWIDTH (-3dB) (Sine Wave)	BW V <sub>c</sub> =V <sub>DD</sub> V <sub>b</sub> =5V <sub>p-p</sub> centered @ 0.0Vdc	R <sub>L</sub>	-5 -5 -5 -5	+5	-	-	MHz		
			1kΩ						54	-
10kΩ			40						-	
100kΩ			38						-	
1MΩ	37	-								
INSERTION LOSS (=20 log <sub>10</sub> $\frac{V_{out}}{V_{in}}$ )	V <sub>c</sub> =V <sub>DD</sub> V <sub>b</sub> =5V <sub>p-p</sub> centered @ 0.0Vdc	R <sub>L</sub>	-5	+5	-	-	dB			
		1kΩ						2.3	-	
		10kΩ						0.2	-	
		100kΩ						0.1	-	
1MΩ	0.05	-								
SIGNAL DISTORTION (Sine Wave)	V <sub>c</sub> =V <sub>DD</sub> V <sub>b</sub> =5V <sub>p-p</sub> centered @ 0.0Vdc f <sub>is</sub> =1.0kHz R <sub>L</sub> = 10kΩ	-5	+5	-	0.16	-	%			
		FEEDTHROUGH (-50dB)								
CROSSTALK (-50dB) Between two switches	V <sub>c</sub> (A)=V <sub>DD</sub> V <sub>c</sub> (B)=V <sub>SS</sub> V <sub>b</sub> (A)=5V <sub>p-p</sub> centered @ 0.0Vdc R <sub>L</sub> = 10kΩ	-5	+5	-	0.9	-	MHz			
		CAPACITANCE								
		Input	C <sub>in</sub>	-	-	8	-	pF		
		Output	C <sub>out</sub>	V <sub>c</sub> = V <sub>SS</sub>	-5	+5	-	8	pF	
Feedthrough	C <sub>os</sub>	-	-	0.5	-	pF				
CONTROL INPUT (V <sub>c</sub> )										
PROPAGATION DELAY TIME Turn on	t <sub>pc</sub>	V <sub>SS</sub> < V <sub>b</sub> < V <sub>DD</sub> R <sub>L</sub> = 10kΩ	0 0 0	5 10 15	- - -	50 25 20	100 50 40	ns		
		MAXIMUM INPUT FREQUENCY	f <sub>c</sub>	V <sub>SS</sub> < V <sub>b</sub> < V <sub>DD</sub> R <sub>L</sub> = 1.0kΩ	0 0 0	5 10 15	- - -	5 10 12	- - -	MHz
				CROSSTALK (To signal port)	V <sub>c</sub> =Square Wave R <sub>L</sub> = 10kΩ R <sub>in</sub> = 1.0kΩ	0	5	-	30	-
0	10					-	50	-		
0	15	-	100			-				

# SCL4013B



# CMOS DUAL D-TYPE FLIP-FLOP

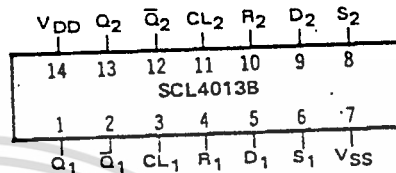
### FEATURES

- ◆ Independent Set and Reset Controls
- ◆ Static Operation
- ◆ Logic Edge-Clocked Design
- ◆ 16MHz Toggle Rate @ 10Vdc
- ◆ Balanced Output Drive Current Specifications

### DESCRIPTION

The SCL4013B consists of two identical, independent D-type Flip-Flops. These devices can be used for shift register applications, and, by connecting the Q output to the Data input, for counter and toggle applications. The logic level present at the D input is transferred to the Q output during the positive-going transition of the Clock pulse. Setting or resetting is independent of the Clock and is accomplished by a high level on the Set or Reset line, respectively.

### CONNECTION DIAGRAM (all packages)



#### Add suffix for package:

- C 14-pin Cerdip
- D 14-pin Ceramic
- E 14-pin Epoxy
- F 14-pin Flat
- H Chip

### TRUTH TABLE

CL Δ	D	R	S	Q	Q̄
▲	0	0	0	0	1
▲	1	0	0	1	0
▲	x	0	0	Q	Q̄
x	x	1	0	0	1
x	x	0	1	1	0
x	x	1	1	1	1

NO CHANGE

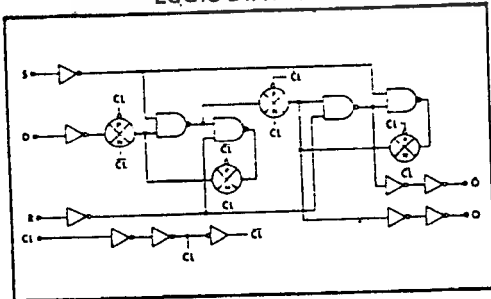
▲ = Level Change  
x = Don't Care

### RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

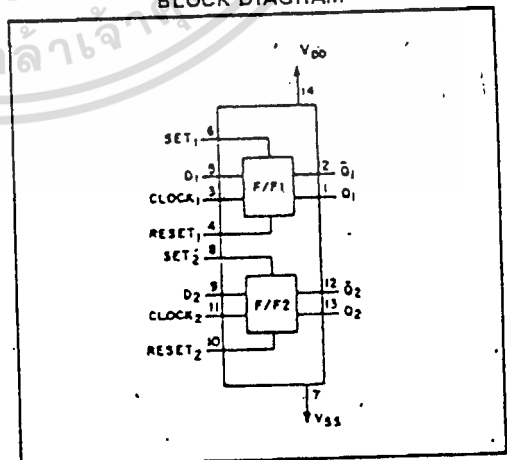
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	VDD - VSS	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	TA	-55 to +125	°C
C, D, F, H Device		-40 to +85	°C
E Device			

### LOGIC DIAGRAM



### BLOCK DIAGRAM



## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### STATIC CHARACTERISTICS<sup>1,2</sup>

PARAMETER	V <sub>DD</sub> (Vdc)	CONDITIONS	T <sub>LOW</sub> <sup>2</sup>		+25°C			T <sub>HIGH</sub> <sup>3</sup>		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I <sub>DD</sub>	V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub> All valid input combinations	-	1.0	-	0.005	1.0	-	30	μA <sub>dc</sub>
			-	2.0	-	0.01	2.0	-	60	
			-	4.0	-	0.02	4.0	-	120	

NOTES: <sup>1</sup> Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".

<sup>2</sup> T<sub>LOW</sub> = -55°C for C, D, F, H device.  
= -40°C for E device.

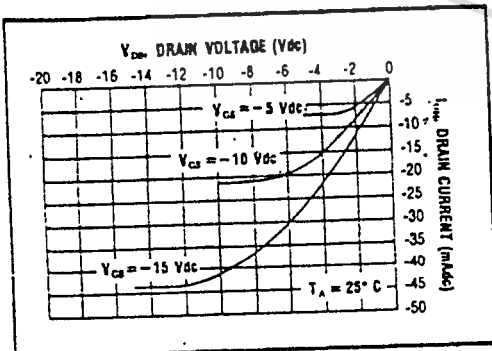
T<sub>HIGH</sub> = +125°C for C, D, F, H device.  
= + 85°C for E device.

<sup>3</sup> This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

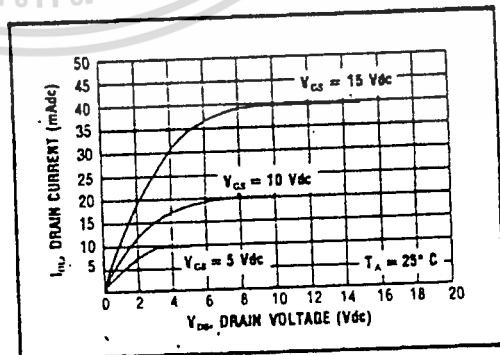
### DYNAMIC CHARACTERISTICS (C<sub>L</sub> = 50pF, T<sub>A</sub> = 25°C)

PARAMETER	V <sub>DD</sub> (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
<b>CLOCKED OPERATION</b>					
PROPAGATION DELAY TIME	t <sub>PLH</sub> , t <sub>PHL</sub>	5	125	250	ns
		10	65	130	
		15	45	90	
OUTPUT TRANSITION TIME	t <sub>TLH</sub> , t <sub>THL</sub>	5	100	200	ns
		10	50	100	
		15	40	80	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW <sub>CL</sub>	5	70	140	ns
		10	30	60	
		15	20	40	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f <sub>CL</sub>	5	3.5	7.0	MHz
		10	8.0	16	
		15	12.5	25	
MAXIMUM CLOCK RISE AND FALL TIME <sup>1</sup>	t <sub>rCL</sub> , t <sub>fCL</sub>	5	15	-	μs
		10	10	-	
		15	5	-	
MINIMUM SETUP TIME	t <sub>setup</sub>	5	25	50	ns
		10	10	20	
		15	7.5	15	
MINIMUM HOLD TIME	t <sub>hold</sub>	5	-25	0	ns
		10	-10	0	
		15	-5	0	
<b>SET AND RESET OPERATIONS</b>					
PROPAGATION DELAY TIME S to Q, R to Q	t <sub>PLM</sub>	5	125	250	ns
		10	65	130	
		15	45	90	
MINIMUM SET AND RESET PULSE WIDTH	PW <sub>S</sub> , PW <sub>R</sub>	5	65	130	ns
		10	30	60	
		15	25	50	
SET AND RESET REMOVAL TIME	t <sub>rem</sub>	5	0	25	ns
		10	0	10	
		15	0	5	

<sup>1</sup>When units are cascaded, the maximum rise and fall times of the clock input should be equal to or less than the transition times of the data outputs driving data inputs, plus the propagation delay of the output driving stage for the output capacitive load.



Typical P-Channel Source Current Characteristics



Typical N-Channel Sink Current Characteristics