สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# เครื่องเลือกและจัดลำดับสัญญาณภาพ

# Switcher And Video Sequential

โดย

ชัยทัตร์ กัญจนานภานิช

มานพ ศึกพายัพ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42671
วัน, เดือน, ปี 6 มิ.ย. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อปริญญานิพนธ์** เครื่องเลือกและจัดลำดับสัญญาณภาพ

Switcher And Video Sequential

**นักศึกษา** นายชัยทัตร์ กัญจนานภานิช เลขประจำตัว 41013442

นายมานพ ศึกพายัพ เลขประจำตัว 41013460

**อาจารย์ที่ปรึกษา** อาจารย์เรืองศักดิ์ เจริญผ่อง

**ภาควิชา** เทคนิคอุตสาหกรรม

**ปีการศึกษา** 2543

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

---

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....(ประธานกรรมการ)

(.....)

.....(กรรมการ)

(.....)

.....(กรรมการ)

(.....)

.....(กรรมการ)

(.....)

.....(กรรมการ)

(.....)

**ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| หัวข้อปริญญานิพนธ์ | เครื่องเลือกและจัดลำดับภาพสัญญาณภาพ Switcher And Video Sequential | |
| นักศึกษา | นายชัยทัตร์ กัญจนานภานิช | เลขประจำตัว 41013442 |
| | นายมานพ ศึกพายัพ | เลขประจำตัว 41013460 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อาจารย์เรืองศักดิ์ เจริญผ่อง | |
| ภาควิชา | เทคนิคอุตสาหกรรม | |
| ปีการศึกษา | 2543 | |

# บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอวิธีการในการจัดการกับสัญญาณภาพ (Video signal) ในแบบของการจัดลำดับและเลือกสัญญาณเพื่อจะแสดงผลที่จอมอนิเตอร์ (Moniter) โดยในการออกแบบวงจรจะแบ่งเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือส่วนของการจัดลำดับสัญญาณโดยอัตโนมัติ (Sequential) จะใช้หลักการของการมัลติเพล็กและดีมัลติเพล็ก (Multiplex and Demultiplex) ซึ่งไอซีที่ใช้ในวงจรจะเป็นไอซีชนิดซีมอส (CMOD) และในส่วนของการเลือกสัญญาณเองด้วยมือ (Manual) จะใช้การเขียนโปรแกรมในไอซี PAL

จากการทดลองพบว่าวงจรที่ออกแบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Thesis Title** | Switcher And Video Sequential | | |
| **Student** | Mr.Chaitud | Kanchananaphanich | ID 41013442 |
| | Mr.Manop | Sukpayup | ID 41013460 |
| **Advisor** | Mr.Raungsak | Charoenpong | |
| **Academic Year** | 2000 | | |


# ABSTRACT


This thesis purpose, Method to show video signal on monitors with arranged and select video signal. System consist of 2 parts Part 1. Function of arranged the video signal and show it on monitor by sequential which is refer to principal of multiplex (mux & dmux) that is use cmos IC in the circuit and function of part is selected the video signal to show on monitor with manual that is used IC PAL to programmable

The experimental has proved that this project can be applied to the real application.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนปริญญานิพนธ์จากอาจารย์เรืองศักดิ์ เจริญผ่อง และทางภาคเทคนิคอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณพินิจ บริษัทโทรนิก้าจำกัด ที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำ ซึ่งมีส่วนทำให้คู่มือฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา

ขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ ด้วยดีตลอดมา

ขอบคุณบิดา มารดา ผู้ให้กำเนิด และโอบอุ้มเลี้ยงดู ส่งเสริมเล่าเรียน

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากคู่มือฉบับนี้ ผู้จัดทำของมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายชัยทัตร์ กัญจนานภานิช

นายมานพ ศึกพายัพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | จ |
| สารบัญรูป | ฉ |
| บทนำ วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| บทที่ 1 โทรทัศน์วงจรปิด | 2 |
| 1.1 เศรษฐศาสตร์สำหรับการระวังภัยด้วยโทรภาพ | 5 |
| 1.2 การวิเคราะห์ระบบรักษาความปลอดภัยด้วยโทรภาพ | 6 |
| 1.3 การเปรียบเทียบระหว่างการระงับภัยกับการเตือนภัย | 7 |
| 1.4 เขตการคุ้มครอง | 8 |
| 1.5 การวิเคราะห์ระบบระวังภัยด้วยโทรภาพ | 10 |
| บทที่ 2 การวิเคราะห์สัญญาณโทรทัศน์ | 15 |
| 2.1 การสแกนพื้นที่ภาพ | 15 |
| 2.2 การสแกนแบบสอดสลับกัน | 16 |
| 2.3 การซิงโครไนซ์การสแกน | 18 |
| 2.4 โทรทัศน์แบนด์วิดท์แคบ | 22 |
| 2.5 วิธีการที่จะทำให้ได้แบนด์วิดท์แคบ | 23 |
| บทที่ 3 การตัดต่อภาพโทรทัศน์ | 26 |
| 3.1 หลักการตัดต่อภาพ | 29 |
| 3.2 เทคนิคการตัดต่อภาพ | 33 |
| 3.3 การตัดต่อภาพเป็นลำดับ | 35 |
| บทที่ 4 ทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้อ้างอิงในการออกแบบวงจรเครื่องเลือก และจัดลำดับสัญญาภาพ | 36 |
| 4.1 การใช้งานไอซีไทม์เมอร์ 555 | 36 |
| 4.2 มัลติเพล็กเซอร์และดีมัลติเพล็กเซอร์ | 43 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 4.3 วิธีการอ่านคู่มือของไอซี CMOS | 50 |
| 4.4 การใช้งานไอซี PAL | 59 |
| บทที่ 5 ขั้นตอนการออกแบบวงจร | 67 |
| 5.1 ส่วนจัดลำดับสัญญาณโดยอัตโนมัติ (Sequential) | 67 |
| 5.2 ส่วนการตั้งเวลาการจัดลำดับสัญญาณภาพ | 69 |
| 5.3 ส่วนการเลือกช่องสัญญาณที่จะแสดงผลด้วยมือ (Manual) | 69 |
| บรรณานุกรม | 73 |
| ภาคผนวก | |
| ภาคผนวก ก รายละเอียดของวงจร | 74 |
| ภาคผนวก ข คู่มือไอซี | 82 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 1.1 ระยะการมองสูงสุดและต่ำสุดสำหรับจอภาพ | 14 |
| 2.2 มาตรฐานของพัลส์สำหรับการซิงโครไนซ์ | 21 |
| 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแบนด์วิดท์ , ช่วงเวลาสำหรับภาพหนึ่งเฟรมและความละเอียดของภาพในระบบโทรทัศน์แบบสแกนช้า ๆ | 23 |
| 4.1 ตารางการทำงานของดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 4 สาย | 48 |
| 4.2 ตารางการทำงานของดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 8 สาย | 50 |
| 4.3 พิกัดสูงสุดของไอซี CMOS | 51 |
| 4.4 ตัวอย่างของตารางพิกัดสูงสุดของไอซี CMOS | 51 |
| 4.5 ลักษณะสมบัติทางไฟของไอซี CMOS | 55 |
| 4.6 ลักษณะสมบัติด้านสวิตชิงของ CMOS | 57 |
| 4.7 แสดงรายละเอียดคุณสมบัติของไอซี PAL เบอร์ต่าง ๆ | 61 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | ระบบกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์สำหรับงานรักษาความปลอดภัย | 3 |
| 1.2 | กล้องถ่ายภาพแบบมีซูมสำหรับการระวังภัยด้วยโทรภาพซึ่งติดตั้งไว้ที่ไทม์สแควร์ | 4 |
| 1.3 | กล้องถ่ายภาพแบบเปิดเผยที่ไทม์สแควร์ | 4 |
| 1.4 | ศูนย์ควบคุมโทรภาพในที่สาธารณะ | 6 |
| 1.5 | เขตคุ้มครองเขตต่าง ๆ | 9 |
| 1.6 | การระวังภัยทางด้านข้าง (กล้องตรึงอยู่กับที่) | 11 |
| 1.7 | การระวังภัยในพื้นที่ (กล้องถ่ายภาพส่ายไปทั่วพื้นที่) | 11 |
| 2.1 | วิธีการสแกนมาตรฐาน | 17 |
| 2.2 | รูปคลื่นซิงโครไนซ์มาตรฐานสำหรับโทรทัศน์ | 19 |
| 2.3 | สัญญาณมาตรฐานของระบบโทรทัศน์ | 22 |
| 2.4 | ระบบโทรทัศน์แบนด์วิดท์แคบ | 25 |
| 3.1 | การตัดต่อสัญญาณโทรทัศน์แบบใช้ตัวต่อภาพเป็นลำดับในระยะไกล | 27 |
| 3.2 | ตัวต่อภาพเป็นลำดับ ชนิดคืนสู่เหย้าโดยอัตโนมัติ | 27 |
| 3.3 | ตัวต่อภาพเป็นลำดับซึ่งใช้บริดจิง และการต่อโยงสัญญาณเข้าแบบ TTL | 28 |
| 3 4 | ตัวตัดต่อภาพเป็นลำดับชนิดใช้บริดจิง (beidging) | 28 |
| 3.5 | ตัวตัดต่อภาพเป็นลำดับชนิดคืนสู่เหย้าและใช้การต่อโยงสัญญาณเข้าแบบ TTL | 29 |
| 3.6 | ตัวตัดต่อภาพเป็นลำดับชนิดคืนสู่เหย้า | 29 |
| 3.7 | ผังการตัดต่อภาพโทรทัศน์แบบพื้นฐาน | 30 |
| 3.8 | แผนภาพการตัดต่อสัญญาณโดยการต่อลูปและบริดจิง (beidging) | 31 |
| 3.9 | หลักการตัดต่อสัญญาณโดยใช้ไดโอด | 32 |
| 3.10 | การตัดต่อวงจรโดยใช้ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า | 34 |
| 4.1 | วงจรภายในไอซี 555 | 37 |
| 4.2 | แสดงการทำงานของไอซี 555 | 38 |
| 4.3 | แสดงการทำงานของไอซี 555 ในสภาวะ “ON” | 38 |
| 4.4 | แสดงการทำงานของไอซี 555 ในสภาวะ “OFF” | 39 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.5 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ | 39 |
| 4.6 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ | 41 |
| 4.7 แสดงบล็อคไดอะแกรมทำงานของมัลติเพล็กเซอร์และดีมัลติเพล็กเซอร์ | 44 |
| 4.8 แสดงบล็อคไดอะแกรมของมัลติเพล็กเซอร์ | 44 |
| 4.9 แสดงวงจรและตารางการทำงานของมัลติเพล็กเซอร์ 2 อินพุท | 45 |
| 4.10 แสดงวงจรและตารางการทำงานของมัลติเพล็กเซอร์แบบ 4 อินพุท | 46 |
| 4.11 แสดงบล็อคไดอะแกรมของดีมัลติเพล็กเซอร์ | 47 |
| 4.12 วงจรดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 4 สาย | 48 |
| 4.13 แสดงวงจรดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 8 สาย | 49 |
| 4.14 วงจรที่ใช้วัดและนิยามของลักษณะสมบัติทางสวิตชิง | 58 |
| 4.15 แสดงสัญลักษณ์ทางลอจิกของไอซี PAL | 59 |
| 4.16 โครงสร้างภายในของไอซี PAL | 60 |
| 4.17 การอ่านความหมายจากเบอร์ของไอซี PAL | 61 |
| 4.18 วงจรภายในไอซี PAL ชนิดต่าง ๆ โดยละเอียดของอินพุตและเอาท์พุตเดียว | 63 |
| 4.19 แสดงวงจรภายในไอซี PAL แบบคร่าว ๆ | 64 |
| 4.20 โครงสร้างภายในก่อนถูกโปรแกรม และหลังจากโปรแกรมแล้ว | 66 |
| 4.21 ตัวอย่างเครื่องโปรแกรมสำเร็จรูปชนิดที่โปรแกรมได้ด้วยตัวเอง | 66 |
| 4.22 ตัวอย่างเครื่องโปรแกรมที่ต้องต่อรวมกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ | 66 |
| 5.1 แสดงวงจรที่ทำหน้าที่ในการแสดงผลแบบ Sequential | 68 |
| 5.2 แสดงวงจรส่วนการตั้งเวลาการจัดลำดับสัญญาณภาพ | 69 |
| 5.3 แสดงวงจรส่วนที่เลือกสัญญาณภาพด้วยมือ (Manual) | 70 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทนำ

ปัจจุบันระบบโทรทัศน์วงจรปิด ได้รับความนิยมและการยอมรับมากยิ่งขึ้น และถูกนำไปใช้งานกันอย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น เช่น ในด้านการอุตสาหกรรม ด้านการขายปลีก ด้านการรักษาพยาบาล ด้านการศึกษา และด้านการจราจร เป็นต้น แต่การติดตั้งระบบโทรทัศน์วงจรปิดระบบหนึ่ง ๆ นั้นต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากว่าอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น กล้องถ่ายภาพวีดีโอ จอมอนิเตอร์ และอุปกรณ์อื่น ๆ นั้นเราไม่สามารถผลิตเองได้ในประเทศจึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าองค์ประกอบที่สำคัญของระบบโทรทัศน์วงจรปิดคือจำนวนจอมอนิเตอร์ที่เหมาะสมซึ่งไม่มากเกินไป และขนาดของจอมอนิเตอร์ที่เหมาะสมซึ่งไม่เล็กเกินไป จะทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นเหตุการณ์ต่างๆ ได้ดีตามวัตถุประสงค์

ดังนั้นจากองค์ประกอบทางด้านราคาและประสิทธิภาพ คณะผู้ค้นคว้าจึงได้คิดสร้างเครื่องเลือกและจัดลำดับสัญญาณภาพ เพื่อเป็นการลดจำนวนจอมอนิเตอร์ และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโทรทัศน์วงจรปิด

ในการออกแบบวงจรคณะผู้ค้นคว้าได้เลือกใช้ไอซีชนิด CMOS เพราะเนื่องจากมีคุณสมบัติในด้านของความทนทานที่ดีกว่าไอซีชนิด TTL และมีย่านแรงดันไฟเลี้ยงที่กว้างกว่า ซึ่งจะสะดวกในการทดลอง และการนำไปใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# โทรทัศน์วงจรปิด

ระบบโทรทัศน์วงจรปิดทำงานในลักษณะเดียวกันกับโทรทัศน์ธรรมดา และเมื่อพิจารณาในแง่ทางอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ก็สามารถใช้แทนกันได้กับโทรทัศน์ธรรมดาที่เป็นมาตรฐานในการแพร่ภาพทั่ว ๆ ไป ในกรณีที่ไม่ต้องการมาตรฐานสูงนัก กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์วงจรปิดอาจเป็นแบบที่มีราคาค่อนข้างถูกได้ การนำวงจรไอซีโซลิดสเตต (Solid State IC) มาใช้ทำให้กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์และเครื่องแสดงภาพโทรทัศน์มีขนาดกะทัดรัด และมีราคาถูกลงกว่าเดิม นอกจากนี้ได้มีการผลิตเลนส์แบบใหม่ที่ทำงานได้เร็วกว่าเดิมขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งก็เป็นผลให้กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ใช้งานได้คล่องตัวดีขึ้นเป็นอย่างมากตามไปด้วย

โทรทัศน์วงจรปิดกำลังเป็นอุตสาหกรรมชั้นนำอย่างใหม่ จึงได้มีการนำระบบโทรทัศน์วงจรปิดมาใช้ เพื่อการสังเกตการณ์ในงานอุตสาหกรรม การขายปลีก การรักษาผู้ป่วย การศึกษา และงานในสาขาอื่น ๆ อีกมาก การผลิตกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์และเลนส์พิเศษครั้งละมาก ๆ ได้ช่วยให้อุตสาหกรรมโทรทัศน์วงจรปิดขยายตัว โดยเป็นผลจากการที่ราคาของอุปกรณ์ถูกลง ระบบมีที่ใช้มากขึ้น และหาซื้อได้ง่ายขึ้น นอกจากกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ เลนส์ และเครื่องแสดงภาพหรือจอภาพโทรทัศน์แล้ว ยังมีอุปกรณ์ช่วยเสริมอีกหลายอย่างสำหรับประกอบกันเป็นระบบที่สมบูรณ์ ระบบที่แสดงไว้ในรูปที่ 1.1 ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดสัญญาณซิงก์ เครื่องตัดต่อสัญญาณภาพแบบพาสซีฟ เครื่องขยายสัญญาณภาพสำหรับการแพร่ภาพ และเครื่องเก็บตัวอย่างสัญญาณ สำหรับการติดตั้งกล้องถ่ายภาพนั้นจะต้องหันเหไปในทิศทางต่าง ๆ โดยการควบคุมจากระยะไกล นอกจากหน้าที่ในการแสดงภาพแล้ว ระบบโทรทัศน์วงจรปิดหลายแบบยังมีอุปกรณ์สำหรับเตือนผู้ใช้ เช่น ตัวแปรสภาพสัญญาณ อุปกรณ์ตรวจความใกล้ชิด ฯลฯ อีกด้วย

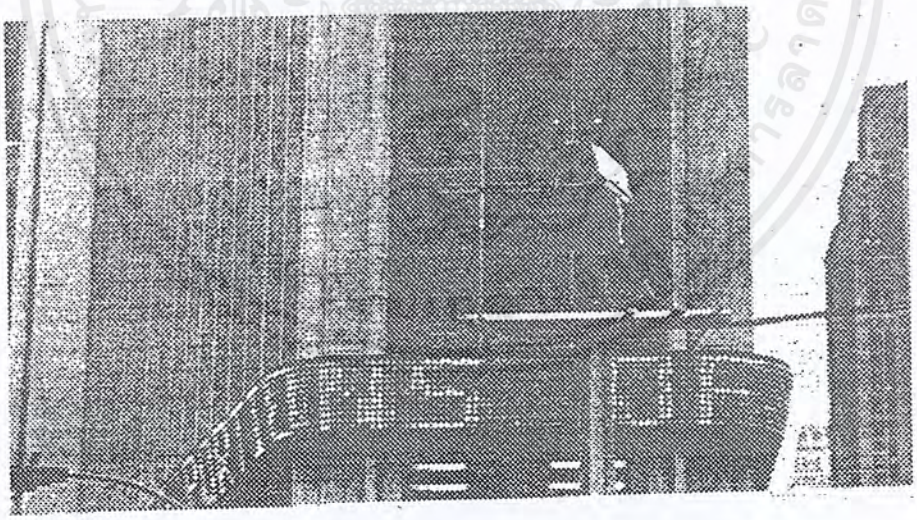
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 1.1** ระบบกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์สำหรับงานรักษาความปลอดภัย

ตัวอย่างของการใช้ระบบโทรทัศน์วงจรปิดในงานอุตสาหกรรมได้แก่การอ่านเกจ (guage) และเครื่องแสดงค่าอย่างอื่น ๆ จากระยะไกล ตัวอย่างการใช้งานในโรงพยาบาลได้แก่ การเฝ้าดูอาการคนไข้ที่ต้องได้รับการเอาใจใส่เป็นพิเศษ และการเฝ้าดูการผ่าตัดในห้องศัลยกรรม ส่วนตัวอย่างทางด้านการจราจรได้แก่การตรวจดูยวดยานบนสะพาน, ตามจุดแออัด และที่ชุมเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางเป็นต้น สาขางานที่ขยายตัวอย่างรวดเร็วมากที่สุดสาขาหนึ่งก็คือการป้องกันอาชญากรรม ระบบโทรทัศน์วงจรปิดที่ใช้ในงานสาขานี้ได้ชื่อเรียกว่า "การตรวจสอบความปลอดภัย" หรืออีกชื่อหนึ่งที่มีผู้นิยมใช้กันมากกว่า ก็คือ "การระวังภัยด้วยโทรภาพ" ระบบดังกล่าวเป็นรูปแบบหนึ่งของการสังเกตการณ์ที่มีใช้ในงานป้องกันอาชญากรรม และเป็นระบบที่ช่วยเหลือการเฝ้าตรวจได้เป็นอย่างดีในสถานที่บางแห่ง เช่น ธนาคาร, ที่จอดรถ, และบริเวณที่มีการเสี่ยงอันตรายสูง นอกจากนี้ยังมีการใช้งานควบคุมในอุตสาหกรรมและการจราจรอีกด้วย (ดูรูปที่ 1.2) การระวังภัยด้วยโทรภาพนั้นอาจใช้ในการป้องกันหรือตรวจสอบอาชญากรรมได้ 2 วิธี คือวิธีติดตั้งกล้องถ่ายภาพไว้ในที่ปกปิดและวิธีติดตั้งกล้องถ่ายภาพไว้ในที่เปิดเผย ในระบบปกปิดนั้นกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์จะถูกซ่อนเอาไว้ ส่วนในระบบเปิดเผย กล้องถ่ายภาพจะอยู่ในตำแหน่งที่มองเห็นได้ชัด (ดูรูปที่ 1.3) แนวความคิดสำหรับระบบเปิดเผยก็คือว่าผู้ร้ายจะไม่กล้าทำโจรกรรมหากรู้ว่าตัวเองถูกเฝ้ามองอยู่ หรือรู้ว่ามีตำรวจเดินรักษาการณ์อยู่ใกล้ ๆ สำหรับในระบบปกปิดนั้น กล้องถ่ายภาพที่ซ่อนอยู่จะช่วยในการชี้ตัวและจับกุมคนร้ายหลังจากที่อาชญากรรมได้เกิดขึ้นแล้ว ในบางกรณีอาจมีการใช้การระวังภัยทั้ง 2 วิธีพร้อม ๆ กันไป ในอีกวิธีหนึ่ง จะมีการติดตั้งกล้องถ่ายภาพที่ไม่ได้ใช้งานจริงไว้ในตำแหน่งที่เห็นได้ชัด และติดตั้งกล้องถ่ายภาพที่ใช้งานจริงไว้ตำแหน่งอื่น เพื่อให้สังเกตการณ์จากระยะไกลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 1.2.** กล้องถ่ายภาพแบบมีซูมสำหรับการระวังภัยด้วยโทรภาพซึ่งติดตั้งไว้ที่ไทมส์สแควร์ นครนิวยอร์ก



**รูปที่ 1.3.** กล้องถ่ายภาพแบบเปิดเผยที่ไทมส์สแควร์

ระบบโทรทัศน์วงจรปิดแบบที่ง่ายที่สุดได้แก่แบบที่ใช้กล้องถ่ายภาพกล้องเดียวสำหรับโฟกัสดูภาพในบริเวณเดียว กล้องถ่ายภาพในระบบนี้จะต่อกับสายเคเบิลแบบโคแอกเซียล (Coaxial Calbe) มาตรฐานขนาด 75 โอห์มไปยังจอภาพซึ่งห่างออกไป ถ้ามีบริเวณที่จะสังเกตการณ์หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณ ก็ต้องใช้กล้องถ่ายภาพหลายกล้องร่วมกับอุปกรณ์สวิตช์ปิดเปิดอย่างง่ายสำหรับเลือกต่อกล้องถ่ายภาพเข้ากับเครื่องแสดงภาพ ถ้าจะแก้ปัญหาความไม่สะดวกในการเลือกต่อกล้อง ก็ต้องใช้ระบบที่วนเวียนต่อกล้องกับเครื่องแสดงภาพโดยอัตโนมัติตามแบบวิธีอิเล็กทรอนิกส์ วิธีตัดต่อแบบนี้มีชื่อเรียกว่า "การตัดต่อเป็นลำดับ" อีกวิธีหนึ่งที่อาจใช้ได้ก็คือให้กล้องถ่ายภาพที่เกี่ยวข้องเริ่มต่อเข้ากับเครื่องแสดงภาพเฉพาะเมื่อประตูเปิดออก หรือเมื่อมีใครทำให้อุปกรณ์ตรวจความใกล้ชิดหรืออุปกรณ์เตือนอย่างอื่น ๆ เริ่มทำงาน

## 1.1 เศรษฐศาสตร์สำหรับการระวังภัยด้วยโทรภาพ

เศรษฐศาสตร์สำหรับการระวังภัยด้วยโทรภาพขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ

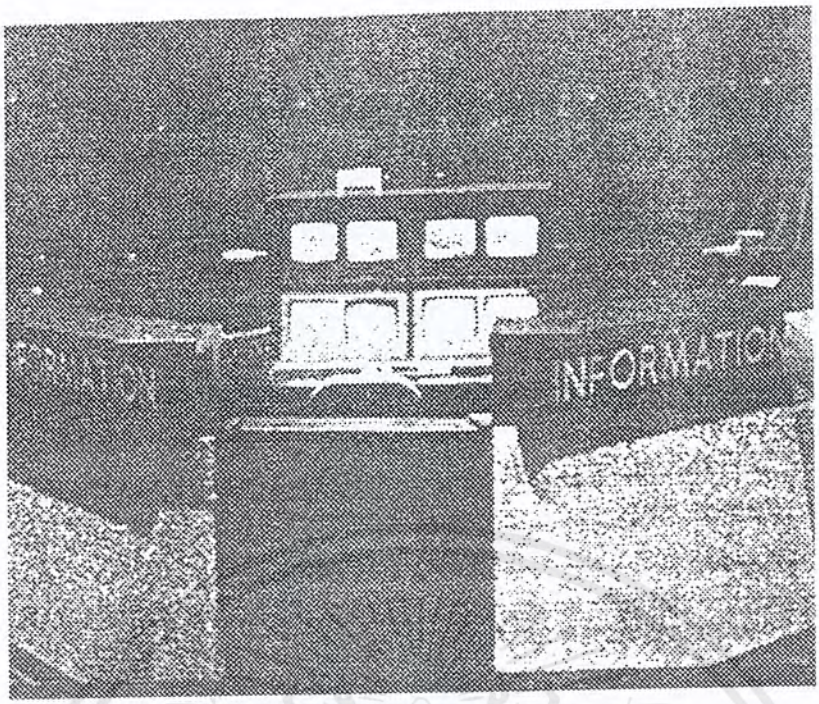
1. เงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้เครื่องระวังภัย
2. เงินที่หาได้โดยการทำอะไรบางอย่างซึ่งจะทำโดยวิธีอื่น ๆ ไม่ได้

ปัจจัยทั้งสองประการนี้ค่อนข้างจะเกี่ยวเนื่องกันอยู่ และมีความสำคัญเหนือสิ่งอื่นใดทั้งหมด การประหยัดเงิน ซึ่งเป็นปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ประการแรกนั้น รวมความถึงเงินที่จะไม่สูญเสียไปโดยการโจรกรรมหรือการตรวจสอบที่ไม่ดีในงานอุตสาหกรรม ส่วนการหาเงินได้นั้นจะเป็นผลจากการที่ระบบโทรทัศน์วงจรปิดเท่านั้นสามารถสังเกตการณ์อะไรบางอย่างได้ ยกตัวอย่างเช่น การสังเกตการณ์กรรมวิธีต่าง ๆ ในสถานที่ที่อุปกรณ์อย่างอื่น ๆ หรือผู้สังเกตเข้าไม่ถึง เป็นต้น

ในการประเมินค่าเงินที่ประหยัดได้ จำเป็นต้องรู้ปริมาณของความสูญเสียก่อน ยกตัวอย่างว่าถ้าสถานที่แห่งหนึ่งต้องสูญเสียเงินไปปีละ X บาท โดยผลของการโจรกรรมหรือการทำลาย และต้องเสียค่าใช้จ่ายปีละ X บาท ในการซื้อหาระบบโทรทัศน์วงจรปิดมาใช้และการซ่อมบำรุงเครื่องมือนี้ โดยที่สามารถป้องกันการสูญเสียข้างต้นได้แล้ว สถานที่แห่งนั้นก็เท่ากับสามารถประหยัดเงินได้ปีละ X-Y บาท ในที่นี้สมมุติว่าระบบโทรทัศน์วงจรปิดมีประสิทธิผลในการป้องกันการสูญเสียได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาว่าปีหนึ่ง ๆ บริษัทห้างร้านและหน่วยงานต่าง ๆ ต้องสูญเสียทรัพย์สินไปเป็นหลาย ๆ พันล้านบาท ก็จะเข้าใจได้ดีว่าทำไมตลาดค้าอุปกรณ์ระบบระวังภัยด้วยโทรภาพจึงขยายตัวอย่างรวดเร็ว

เป็นที่แน่นอนว่าค่าใช้จ่ายสำหรับระบบระวังภัยด้วยโทรภาพนั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัวด้วยกัน ตัวอย่างเช่น พนักงานต้อนรับของบริษัทอาจจะมีเครื่องแสดงภาพสำหรับระบบระวังภัยแบบง่าย ๆ เพียงเครื่องเดียว ไว้ดูในขณะที่ต้องปฏิบัติหน้าที่อย่างอื่น ๆ ไปพร้อม ๆ กัน แต่ในสถานที่อีกแห่งหนึ่งอาจต้องใช้เครื่องแสดงภาพหลาย ๆ เครื่องและแผงเตือนภัยหลาย ๆ แผง พร้อมทั้งมีเจ้าหน้าที่แต่งเครื่องแบบติดอาวุธประจำอยู่ด้วย (ดูรูปที่ 1.4) ในโรงพยาบาลบางแห่ง หัวหน้าพยาบาลอาจมีเครื่องแสดงภาพโทรทัศน์ไว้ดูเพียงเครื่องเดียว หรือมิฉะนั้นพยาบาลผู้ทำหน้าที่พิเศษอาจต้องเฝ้าดูห้อง ไอ.ซี.ยู. ผ่านทางแผงจอภาพที่ซับซ้อนก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 1.4** ศูนย์ควบคุมโทรภาพในที่สาธารณะ

ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและการเปลี่ยนอุปกรณ์ (รายจ่ายเป็นงวด) สำหรับระบบระวังภัยนั้นต้องรวมอยู่ในค่าโสหุ้ย ถ้าไม่สามารถซื้อระบบระวังภัยมาใช้ได้ ก็ควรพิจารณาหาทางเช่าระบบนี้แทน ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์แบบโซลิดสเตตสมัยใหม่จะทำงานได้โดยไม่บกพร่องเสียหายถ้าหากใช้ในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เป็นอันตรายมากเกินไป และไม่ถูกใช้อย่างผิด ๆ อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์บางอย่าง เช่น ตัวกล้องถ่ายภาพและตัวขับเคลื่อนเลนส์อาจแตกหักหรือสึกกร่อนได้ประการสุดท้าย การปรับปรุงเครื่องอุปกรณ์ให้ทันสมัย การยกระดับการทำงาน และการขยายระบบระวังภัยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ทางเศรษฐศาสตร์ด้วยเช่นกัน

## 1.2 การวิเคราะห์ระบบรักษาความปลอดภัยด้วยโทรภาพ

จะพิจารณาระบบรักษาความปลอดภัยด้วยโทรภาพ โดยยึดแนวทางเชิงทฤษฎีสำหรับการออกแบบระบบดังกล่าวเป็นหลัก อุปกรณ์เตือนภัยและระบบกล้องถ่ายภาพ อาจใช้งานร่วมกันในรูปแบบต่าง ๆ กันเป็นจำนวนมาก ซึ่งก็มีราคาค่าใช้จ่ายแตกต่างกันไปมากด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างใดอย่างหนึ่งนั้น จะมีวิธีที่เหมาะสมที่สุดอยู่วิธีหนึ่ง ในการหาวิธีดังกล่าวนี้ จะต้องเริ่มกันที่การวิเคราะห์เชิงทฤษฎีก่อน

มีผู้กล่าวอยู่เสมอว่าถ้ามีมาตรการรักษาความปลอดภัยปรากฏอยู่ในที่ใด ที่นั้นก็จะมีสิ่งน่าเกรงขามสำหรับผู้ประสงค์ร้าย ตัวอย่างของมาตรการรักษาความปลอดภัย ได้แก่ ยามรักษาการณ์ แต่งเครื่องแบบ กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ที่มองเห็นได้ชัดและป้ายเตือนผู้รุกล้ำ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้อาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลในทางจิตวิทยา ซึ่งจะช่วยป้องกันทรัพย์สินได้ แต่ถ้าผู้บุกรุกตั้งใจจริงและเข้าใจเหตุการณ์ดีแล้ว การป้องกันดังกล่าวก็ย่อมไร้ประโยชน์ วิธีเชิงจิตวิทยาที่ลึกซึ้งกว่าที่ได้กล่าวไปแล้วก็คือการใช้กล้องถ่ายภาพอย่างเปิดเผย โดยที่กล้องนั้นอาจเป็นเพียงหุ่นซึ่งกวาดส่ายได้ร่วมกับกล้องถ่ายภาพจริงอีกกล้องที่ซ่อนไว้ ระบบนี้อาจเพียงพอสำหรับป้องกันมิให้คนขโมยของ หรือป้องกันความผิดระดับโทษเบาก็ได้

ในอีกแง่หนึ่ง คนร้ายที่ตั้งใจจะลงมือกระทำการร้ายอยู่แล้วย่อมไม่ยำเกรงต่ออุปกรณ์ป้องกันที่ปรากฏให้เห็น ในกรณีนี้รวมทั้งกรณีอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน เช่น การบุกรุกของคนร้ายมีอาวุธ, คลื่นของหมู่คนจำนวนมาก, หรือการกระทำของผู้ที่หวังผลทางด้านการเมือง จะต้องออกแบบสถานที่ระวังภัยด้วยโทรภาพ โดยใช้หลักการอย่างอื่น ๆ ที่ต่างกับกรณีธรรมดา ในกรณีใหม่ดังกล่าวแล้วนี้ ระบบระวังภัยจะใช้เพื่อสนับสนุนกำลังความสามารถในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยเท่านั้น นี่คือหน้าที่ให้ความคุ้มครองป้องกันแบบสุดยอดของมาตรการระวังภัยด้วยโทรภาพ มาตรการระวังภัยนี้จะเริ่มใช้หลังจากที่ได้มีการบุกรุกโดยใช้กำลัง หรือเหตุการณ์ส่อว่าจะเกิดความรุนแรงแน่นอนแล้วในการใช้มาตรการดังกล่าว แผนการรักษาความปลอดภัยอาจจำเป็นต้องอาศัยการปฏิบัติงานของจุดเข้าและจุดออกพิเศษต่างหาก เมื่อภาวะต่าง ๆ คลี่คลายไป ในตอนนี้เจ้าหน้าที่อาจต้องเริ่มใช้กล้องถ่ายภาพบางกล้องรวมทั้งอุปกรณ์เตือนภัยบางอย่าง และระบบระวังภัยเองอาจต้องมีการกำหนดไว้เป็นขั้น ๆ เผื่อสำหรับกรณีฉุกเฉิน

## 1.3 การเปรียบเทียบระหว่างการระงับภัยกับการเตือนภัย

การระวังภัย กับการเตือนภัย มีข้อที่ต่างกันอยู่อย่างหนึ่ง นั่นคือการเตือนภัยจะบอกถึงภาวะของเหตุการณ์ ส่วนการระงับภัยนั้น ไม่ว่าจะผ่านทางตาคนโดยตรง หรือผ่านทางกล้องถ่ายภาพก็ตาม จะให้ข่าวสารอย่างอื่น ๆ ด้วย นอกเหนือจากการแสดงภาวะของเหตุการณ์ อย่างไรก็ตาม การระวังภัยนั้นกล่าวได้ว่าไม่อาจทำได้อย่างเพียบพร้อมสมบูรณ์จริง ๆ ทั้งนี้ก็เพราะเหตุผลทางกายภาพและเหตุผลทางเศรษฐกิจนั่นเอง ดังนั้นจึงอาจต้องใช้การเตือนภัยเพื่อเริ่มต้นการระวังภัย หรือการส่งเจ้าหน้าที่ออกตระเวนตรวจการณ์

โทรทัศน์วงจรปิดสามารถใช้เป็นอุปกรณ์ระวังภัยได้ผลดีมาก ถึงกระนั้นกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ก็มีความสามารถสู้ยามรักษาความปลอดภัยที่ฝึกหัดมาเป็นอย่างดีแล้วไม่ได้ สามารถวิเคราะห์ประสิทธิผลทางทฤษฎีของระบบรักษาความปลอดภัยด้วยโทรภาพได้ โดยการเปรียบเทียบความสามารถและข้อจำกัดของระบบนี้กับยามรักษาความปลอดภัยติดอาวุธที่ฝึกหัดมาดีแล้วหรือกับเจ้าหน้าที่ผู้รักษากฎหมายที่เข้าเวรยามอยู่ตามที่ ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดก็คือว่ากล้องถ่ายภาพโทรทัศน์จะไม่สามารถสยบหรือจับกุมผู้บุกรุกได้ กล้องจะไม่สามารถเขย่าประตู, ตรวจสอบแก๊ส, หรือได้ยินเสียงอะไรต่าง ๆ เลย นอกจากนี้มันจะไม่อาจเข้าไปใกล้ หรือก้มมองดูที่ซ่อนของผู้บุกรุกได้ ทั้งนี้ก็เพราะว่ากล้องถ่ายภาพเป็นเสมือนนัยน์ตาเพียงข้างเดียว จึงไม่อาจตรวจรู้ความลึกของภาพที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ คงตรวจได้เฉพาะแต่ขนาดและตำแหน่งสัมพัทธ์ของวัตถุเท่านั้น กล้องถ่ายภาพไม่สามารถถือไฟฉายเที่ยวส่องดูอะไรต่าง ๆ อย่างที่คนทำ แต่ต้องพึ่งพาอาศัยแสงเท่าที่มีอยู่แล้วประการสุดท้าย กล้องถ่ายภาพจะมองอะไรต่าง ๆ จากตำแหน่งที่ตายตัวแห่งหนึ่งเท่านั้น

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบอุปกรณ์เตือนภัยกับระบบระวังภัยด้วยโทรภาพแล้ว ก็จะเห็นข้อได้เปรียบของระบบอย่างหลังนี้ได้ประการหนึ่ง นั่นก็คือว่าถ้ากล้องถ่ายภาพเกิดเสียหายขึ้นมา คนที่เฝ้าดูจอภาพอยู่ก็จะรู้ได้ทันที ส่วนระบบเตือนภัยแบบต่าง ๆ นั้นเมื่อเกิดเสียหายใช้การไม่ได้ขึ้นมา อาจไม่มีใครทราบถึงความเสียหายนั้นเลยก็ได้ ถ้าได้มีการใช้ระบบระวังภัยด้วยโทรภาพร่วมกับอุปกรณ์เตือนภัย ก็จะช่วยให้รักษาความปลอดภัยได้ผลดีขึ้น ทั้งนี้ก็เพราะว่าอุปกรณ์เตือนภัยช่วยเพิ่มนัยอย่างอื่น ๆ ให้แก่ระบบระวังภัยนั่นเอง ตัวอย่างเช่น สัญญาที่ออกจากกล้องถ่ายภาพอาจถูกต่อไปยังจอภาพประธานเมื่อได้รับการเตือนด้วยความสั่นสะเทือน ด้วยการเข้ามาใกล้ของอะไรบางอย่าง หรืออื่น ๆ นอกจากนี้ถ้าเก็บภาพให้ทั่วบริเวณ เช่นเดียวกับที่ต้องใช้ยามเฝ้าพื้นที่หลาย ๆ คน ระบบระวังภัยอาจจะมีราคาแพงเกินไป วิธีที่ดีที่สุดก็คือต้องวิเคราะห์เขตที่ต้องการคุ้มครองป้องกันแต่ละเขต แล้วคำนวณหาค่าใช้จ่ายของระบบที่ประหยัดงบประมาณได้มากที่สุด

คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของระบบระวังภัยด้วยโทรภาพก็คือ การที่ระบบนี้ทำให้สามารถตรวจสอบลักษณะประจำตัวของคน หรือสิ่งของเป็นราย ๆ ไปได้ และสามารถเก็บลักษณะดังกล่าวนี้ไว้ได้อย่างถาวรหากว่ามีการใช้เครื่องบันทึกสัญญาณภาพโทรทัศน์ประกอบด้วย

การระวังภัยด้วยกล้องถ่ายภาพนั้นอาจพ่ายแพ้แก่ผู้บุกรุกที่รู้วิธีการหลบหลีกได้ในทำนองเดียวกับความล้มเหลวของระบบเตือนภัยที่ไม่อาจตรวจจับกุมผู้บุกรุกได้ กล้องถ่ายภาพที่อยู่บนขาตั้งจะมีสนามของการมองเห็นอยู่ในขอบเขตช่วงหนึ่ง กล้องที่กวาดส่ายไปมาอยู่ตลอดเวลานั้นจะเปิดโอกาสให้ผู้บุกรุกหลบหลีกได้ในระหว่างการกวาดส่าย ส่วนกล้องที่ถูกควบคุมให้ส่ายและกระดกได้ในที่ที่เห็นได้ชัดก็จะมีสนามของการมองเห็นจำกัดเช่นกัน อย่างไรก็ตามกล้องนี้จะสามารถชี้บ่งร่องรอยของการบุกรุก อย่างเช่นรั้วที่หักไป หรือประตูที่เปิดอยู่ได้

ปัจจุบันนี้สามารถควบคุมระบบรักษาความปลอดภัยได้อย่างบริบูรณ์ทั้งระบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ร่วมกับไมโครโพรเซสเซอร์ กระบวนการควบคุมนี้สามารถปิดเปิดกล้องถ่ายภาพบางกล้อง ปิดเปิดระบบเตือนภัย รวมทั้งลั่นกลอนหรือถอดกลอนประตูได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนากระบวนการดังกล่าวไปมากพอสมควรแล้ว คงเหลือแต่การยอมรับของตลาดเท่านั้น ผู้ใช้ระบบอาจทำโปรแกรมได้มากมายหลายวิธี และโอกาสที่จะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงก็มีอยู่อย่างแทบจะไม่จำกัดทีเดียว

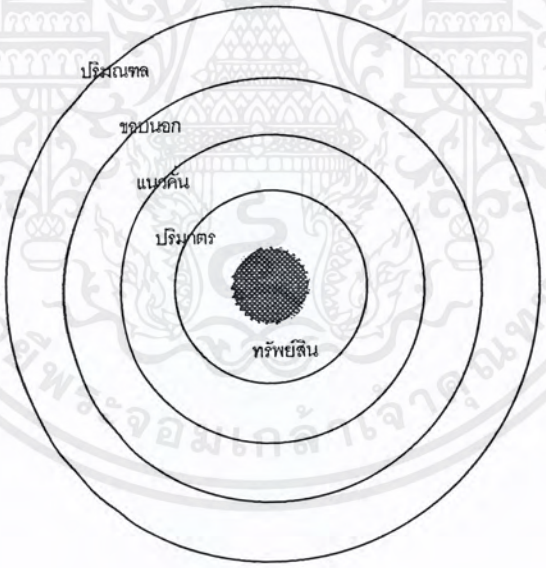
## 1.4 เขตของการคุ้มครอง

ในการวิเคราะห์ความปลอดภัยนั้นขั้นแรกสุดจะต้องมีการนิยามและกำหนดสถานที่ของตัวบุคคลหรือทรัพย์สินที่จะคุ้มครองเสียก่อน แม้ว่าอาจจะถือว่าสิ่งของหรือทรัพย์สินนั้นจำเป็นต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับการคุ้มครองป้องกันให้พ้นจากภัยที่คนก่อขึ้นก็ตาม ในบางครั้งสิ่งของหรือทรัพย์สินดังกล่าวอาจได้รับการคุ้มครองให้พ้นจากภัยในสภาพแวดล้อม เช่น ไฟ หรืออันตรายอย่างอื่น ๆ อยู่แล้วก็ได้ ระบบคุ้มครองอย่างหลังนี้อาจทำงานเข้าที่ดีอยู่แล้ว และใช้รักษาความปลอดภัยได้ในระดับหนึ่ง สิ่งป้องกันภัยจากสภาพแวดล้อมที่มีให้เห็นได้อย่างชัดเจนอยู่ในตัวก็คือ อาคาร หรือสิ่งก่อสร้างนั่นเอง การวิเคราะห์ความปลอดภัยในที่นี้มีจุดประสงค์ที่จะหาระดับของการคุ้มครองที่มีอยู่แล้ว และหาวิธีที่จะสนับสนุนการคุ้มครองนี้ด้วยระบบรักษาความปลอดภัยแบบต่าง ๆ ซึ่งรวมทั้งระบบโทรทัศน์วงจรปิดด้วย

อาจพิจารณาว่าการคุ้มครองนั้นเริ่มต้นจากจุดที่อยู่ของทรัพย์สินที่จะต้องคุ้มครอง และแผ่กระจายออกไปโดยรอบผ่านเขตคุ้มครองเขตต่าง ๆ รวม 5 เขต เขตคุ้มครองแต่ละเขตจะมีระดับความปลอดภัยอยู่ระดับหนึ่ง รูปที่ 1.5 แสดงเขตต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ เขตที่อยู่รอบนอกที่สุดมีชื่อเรียกว่า “เขตปริมณฑล” เขตนี้ล้อมรอบพื้นที่ซึ่งกำหนดเป็นจุดเริ่มต้นของมาตรการรักษาความปลอดภัย ตามปกติแล้วเขตปริมณฑลอาจจะมีรั้วล้อม แต่ในบางกรณีอาจมีเพียงเส้นกั้นอาณาเขตที่ได้มีการรังวัดกันไว้อย่างแน่ชัดแล้ว ถึงแม้จะไม่มีรั้วล้อม ป้าย “ห้ามผ่าน” ที่แขวนไว้ก็คือเป็นเครื่องหมายของเขตรักษาความปลอดภัยได้ นอกจากนี้บริเวณที่ไม่มีรั้วล้อมอาจมียามเดินตรวจตราอยู่แทนก็ได้




**รูปที่ 1.5** เขตคุ้มครองเขตต่าง ๆ

เขตที่อยู่ถัดเข้าไปจากเขตปริมณฑลก็คือ เขตขอบนอก คนที่บุกผ่านเขตปริมณฑลเข้าไปแล้วจะอยู่ในเขตนี้ เขตที่ 3 นับจากภายนอกเข้าไปก็คือ เขตแนวคั่น หรือ เขตโครงสร้าง โครงสร้างของเขตนี้ทำหน้าที่เป็นสภาพแวดล้อมที่ป้องกันมิให้คนที่บุกรุกฝ่าเข้าไปได้ แต่เมื่อผู้บุกรุกสามารถผ่านแนวคั่นเข้าไปแล้ว ผู้บุกรุกก็จะปรากฏอยู่ในปริมาตรของโครงสร้าง เขตปริมาตรนี้เป็นเขตที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ผู้บุกรุกอาจฝ่าเข้าไปถึง เขตคุ้มครองเขตสุดท้ายจะล้อมอยู่รอบทรัพย์สินหรือตัวบุคคลที่ได้รับการคุ้มครองให้พ้นจากการโจรกรรม, ภัยอันตราย หรือการรบกวนเพียงเล็กน้อย

เขตคุ้มครองเป็นเรื่องทฤษฎีเท่านั้น ความจริงแล้วสามารถกำหนดเขตคุ้มครองได้อย่างไม่จำกัดในทุกกรณี แต่ละเขตอาจจะมีการจัดแจงโดยพิจารณาถึงลักษณะประจำเขต อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์กรณีในทางปฏิบัติ ประการแรกอาจจะพบว่าไม่สามารถนิยามเขตบางเขตได้ และประการที่สอง เขตต่าง ๆ จะปรากฏขึ้นหรือหายไปตามการปฏิบัติงานเป็นรายวัน หรือตามการเปลี่ยนเวลาจากกลางคืนเป็นกลางวันเป็นต้น ตัวอย่างที่จะขอยกมากล่าวก็คือ อาคารสาธารณะที่เก็บรักษาศิลปวัตถุ ให้พ้นจากโจรกรรมหรือการทำลาย ในกรณีนี้จะไม่มีเขตปริมณฑล และอาจต้องถือว่าเขตภายนอกนั้นไม่มีในตอนกลางวัน บริเวณที่ประชาชนเข้าออกจะแผ่ขยายกว้างออก ทำให้ต้องตัดเขตบุกรุกและเขตปริมาตรออกไป

ในตอนกลางวัน เขตที่อยู่ใกล้เคียงอาจคุ้มครองได้โดยการเข้าเวรยาม ในตอนกลางคืนเขตโครงสร้างและเขตปริมาตรจะปรากฏมีขึ้นด้วย ทำให้มีเขตต่าง ๆ รวมทั้งหมด 3 เขต คือ เขตโครงสร้าง เขตปริมาตร และเขตใกล้เคียง

การดูแลเขตแต่ละเขตนั้นจะขึ้นอยู่กับเหตุผลทางกายภาพ และเหตุผลทางเศรษฐศาสตร์ โดยจะต้องวิเคราะห์การบุกรุกเข้ามาในแต่ละเขตแยกจากกัน ตัวอย่างเช่น ถ้าเขตชั้นนอกมีวัตถุ วัสดุ หรือต้นไม้ต้นหญ้าที่ติดไฟได้ ก็ควรจะพิจารณาป้องกันการบอลวางเพลิง หรืออุบัติเหตุไฟไหม้ในเขตนี้ การเลือกใช้อุปกรณ์รักษาความปลอดภัยก็ขึ้นอยู่กับขอบเขตความสามารถและลักษณะประจำเขตด้วย อุปกรณ์เตือนภัย และอุปกรณ์อย่างอื่นในทำนองเดียวกันนี้ โดยลำพังของตัวมันเองแล้ว ก็เป็นเรื่องที่อาจศึกษาได้กว้างขวางอยู่เหมือนกัน อุปกรณ์ทั้งหมดในกลุ่มนี้ถือเป็นสิ่งใช้แทนระบบระวังภัยได้ อุปกรณ์บางอย่างอาจใช้ได้ผลดีกว่าอุปกรณ์อื่น ๆ และส่วนมากอาจจะมีราคาถูกว่าระบบระวังภัยที่ใช้ในทางปฏิบัติก็ได้ สำหรับระบบระวังภัยนั้น ปกติแล้วถือได้ว่าเป็นวิธีการคุ้มครองที่ได้ผลดีที่สุด

## 1.5 การวิเคราะห์ระบบระวังภัยด้วยโทรภาพ

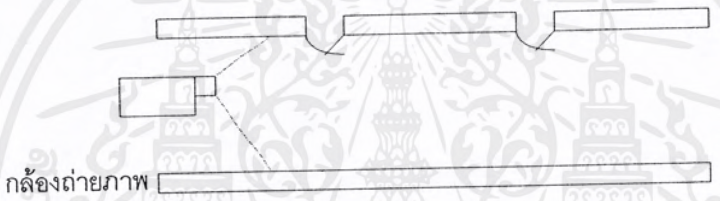
ระบบระวังภัยด้วยโทรภาพอาจแบ่งออกเป็นประเภทกว้าง ๆ ได้ดังนี้คือ การระวังภัยเป็นรายจุด การระวังภัยในพื้นที่ และการระวังภัยในปริมาตร การระวังภัยเป็นรายจุดอาจใช้กับกรณีของช่องหน้าต่างของพนักงานธนาคาร หรือตรงจุดเข้าออก เช่น ช่องประตู เป็นต้น การระวังภัยในพื้นที่มีตัวอย่างการใช้งานที่ลานเก็บสินค้า ส่วนการระวังภัยในปริมาตรมีลักษณะเป็นแบบสามมิติ สรุปแล้วการระวังภัยมีอยู่หลายระดับด้วยกัน

ในแต่กรณี จะต้องพิจารณาสนามของการมองเห็นของกล้องถ่ายภาพเป็นอันดับแรก อาจใช้กล้องถ่ายภาพที่อยู่ตามตัวสำหรับการระวังภัยในพื้นที่ได้ ถ้าสนามของการมองเห็นมีขนาดใหญ่พอกับความต้องการในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง การระวังภัยในปริมาตรจำเป็นต้องใช้วิธีการ

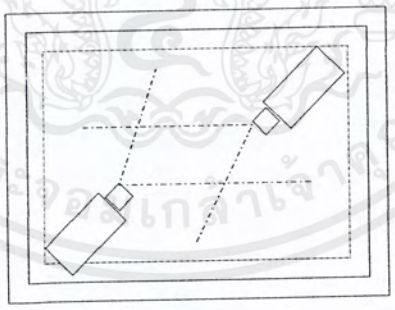
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่าง ๆ มากกว่าการระวังภัยในพื้นที่ และอาจต้องใช้การควบคุมกล้องถ่ายภาพให้ส่าย และกระดกได้ ทั่วปริมาตรมาช่วย ในการระวังภัยในบางพื้นที่ หรือในบางปริมาตร อาจจำเป็นต้องใช้เลนส์ปรับระยะทางที่ควบคุมจากระยะไกลด้วย

สนามของการมองเห็นของกล้องถ่ายภาพจะมีลักษณะรูปกรวย ซึ่งมีตัวกล้องอยู่ที่จุดยอด ถ้ากล้องถ่ายภาพนี้สามารถส่ายได้ด้วย มุมที่จุดยอดของกรวยดังกล่าวนี้ก็จะกว้างออก รูปที่ 1.6 แสดงวิธีวางตำแหน่งกล้องถ่ายภาพเพื่อให้สามารถครอบคลุมสนามของการมองเห็นที่ต้องการได้ ขอให้สังเกตว่าการวางตำแหน่งกล้องในสถานการณ์ที่กำหนดให้แต่ละอย่างนั้นมีข้อดีและข้อเสียปนกัน กล้องถ่ายภาพอาจวางอยู่ในตำแหน่งที่สามารถระวังภัยทางด้านข้างหรือระวังภัยทางด้านหน้าก็ได้ ในกรณีของห้องโถงซึ่งจะขอยกมาเป็นตัวอย่างในที่นี้ จะระวังภัยได้เฉพาะทางด้านข้างเท่านั้น รูปที่ 1.7 แสดงวิธีการใช้กล้องถ่ายภาพ 2 กล้อง ซึ่งอยู่ในมุมห้อง 2 มุม ที่อยู่ตรงข้ามกันเพื่อให้มองได้ทั่วพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

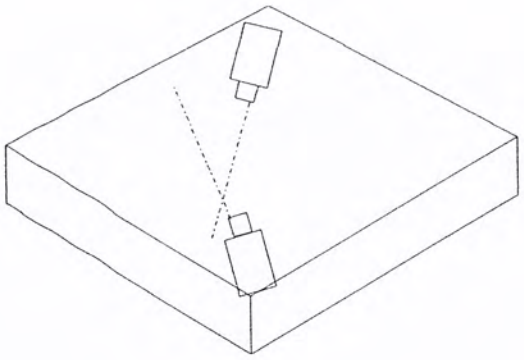



**รูปที่ 1.6** การระวังภัยทางด้านข้าง (กล้องตรึงอยู่กับที่)



**รูปที่ 1.7** การระวังภัยในพื้นที่ (กล้องถ่ายภาพส่ายไปทั่วพื้นที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 1.8** การระวังภัยในปริมาตร (กล้องถ่ายภาพสามารถส่ายและกระดกได้)

บางส่วนของพื้นที่นี้จะสามารถมองเห็นได้โดยกล้องถ่ายภาพทั้งสองกล้อง แต่จุดบอดที่กล้อง ๆ หนึ่งมองไม่เห็นนั้นกล้องอีกกล้องหนึ่งก็จะมองเห็นได้ สำหรับรูป 1.8 นั้น รูปนี้แสดงการระวังภัยในปริมาตรแห่งหนึ่ง

## 1.6 เกณฑ์การเฝ้าตรวจ

เมื่อพิจารณาโดยละเอียดแล้ว จะเห็นว่าความสามารถของพนักงานเฝ้าตรวจนั่นเองที่จะทำให้ระวังภัยได้อย่างมีประสิทธิผล ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์ดูหน้าที่ของพนักงานเฝ้าตรวจควบคู่ไปกับการเฝ้าตรวจซึ่งยึดเกณฑ์ต่าง ๆ อันมีความสัมพันธ์ระหว่างกันดังต่อไปนี้ (สมมุติว่ากล้องถ่ายภาพทุกกล้องอยู่ที่ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด)

— จำนวนจอภาพ

— ระยะเวลาที่ต้องการเพื่อให้สามารถดูจอภาพได้อย่างมีประสิทธิผล

— รายละเอียดของฉากเหตุการณ์

— เหตุการณ์ที่จะสังเกต

— การวางตำแหน่ง

จำนวนกล้องถ่ายภาพที่จะตรวจสอบได้อย่างมีประสิทธิผลนั้นมีจำกัด ในอีกแง่หนึ่งผู้เฝ้าตรวจอาจต้องทำหน้าที่เพียงแต่เหลือบมองไปที่จอภาพบางจอเท่านั้น ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบฉากเหตุการณ์จะเป็นตัวกำหนดรายละเอียดของภาพที่มองเห็นได้ กล้องถ่ายภาพที่ถูกควบคุมจากระยะไกลนั้นจำเป็นต้องได้รับการดูแลเอาใจใส่อย่างเต็มที่จากพนักงานเฝ้าตรวจที่นั่งดูจอภาพอยู่ ถ้าพนักงานต้องทำหน้าที่อย่างอื่น ๆ ด้วย เช่นจดบันทึกเหตุการณ์ หรือถ้าการเฝ้าตรวจเป็นเพียงหน้าที่รอง การเฝ้าตรวจนั้นก็จะมีประสิทธิผลต่ำลง ตัวอย่างเช่น พนักงานต้อนรับอาจได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่รองคือเฝ้าดูจอภาพของเครื่องระวังภัยด้วยโทรภาพไปด้วย ต่างกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พนักงานรักษาความปลอดภัย ซึ่งจะต้องทำหน้าที่เฝ้าตรวจเต็มเวลา เกณฑ์อย่างอื่น ๆ สำหรับระบบระวังภัยก็คือรายละเอียดของฉากเหตุการณ์ที่จะต้องเฝ้าตรวจ

การวางตำแหน่งของผู้สังเกตใกล้หรือไกลจากฉากภาพเหตุการณ์ที่กล้องถ่ายภาพมองเห็นก็มีความสำคัญเช่นกัน การทำหน้าที่ของระบบจะต้องสามารถเกี่ยวโยงสิ่งที่มองเห็นบนจอภาพเข้ากับวัตถุในทางกายภาพจริง ๆ ได้ พนักงานเฝ้าดูจอภาพควรจะต้องไปตรวจพื้นที่ภายใต้การตรวจสอบด้วยตัวเองบ้าง เพื่อจะได้คุ้นเคยกับพื้นที่นั้น พนักงานแต่ละคนควรจะยืนมองจากตำแหน่งของกล้องถ่ายภาพ เพื่อสังเกตฉากเหตุการณ์ และทำตัวให้คุ้นเคยกับจุดบอด วัตถุต่าง ๆ ที่มองเห็น และสิ่งต่าง ๆ ที่จำเป็นในการระวังภัย ควรจะมีการทดลองใช้ระบบระวังภัยเพื่อดูความสามารถของพนักงานว่าจะจำเหตุการณ์ บุคคลต่าง ๆ เป็นรายตัว และกิจกรรมอย่างอื่น ๆ ได้มากน้อยเพียงไร นอกจากนี้ก็ควรที่จะทดลองโดยให้พยายามหลบหลีกกล้องถ่ายภาพที่คอยจับภาพอยู่ ในระหว่างที่ระบบระวังภัยกำลังปฏิบัติงาน ก็ควรจะมีการตรวจสอบมาตรการรักษาความปลอดภัยโดยทำทีเป็นว่ามีคนบุกรุกเข้ามาหรือโดยวิธีอื่น ๆ

จากการศึกษาค้นคว้า พบว่าสมรรถนะในการทำงานของพนักงานเฝ้าตรวจจะลดลงในภาวะที่อุณหภูมิและความชื้นในที่ทำงานมีค่าสูง ผลนี้ชี้แนะว่าศูนย์เฝ้าตรวจควรติดเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้การศึกษาค้นคว้ายังแสดงให้เห็นว่าพนักงานเฝ้าตรวจที่ทำงานได้ดีที่สุดก็คือผู้หญิงที่มีอายุประมาณ 25 ปี

ในการออกแบบแผงติดจอภาพสำหรับการเฝ้าตรวจนั้น จะเริ่มด้วยการเลือกขนาดของจอภาพก่อน โดยทั่วไปแล้วจอภาพขนาด 9 นิ้ว ถือได้ว่าเป็นจอขนาดที่เล็กที่สุดซึ่งพนักงานเฝ้าตรวจดูแล้ว ยังพอสังเกตจดจำลักษณะต่าง ๆ ของภาพได้ จอภาพขนาดนี้จำนวน 2 จอ จะสามารถติดตั้งเข้าไปได้ในแผงมาตรฐานขนาด 19 นิ้ว ซึ่งใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วิธีออกแบบวิธีหนึ่งได้แก่ การติดตั้งจอภาพขนาดใหญ่ จอหนึ่งไว้ที่กลางแผงแล้วนำภาพที่ต้องการเข้ามาดูที่จอนี้ ส่วนจอขนาดเล็กนั้นอาจติดตั้งเอาไว้ตามขอบแผง

มุมของการมองในแนวดิ่งระหว่างผู้เฝ้าตรวจกับจอภาพนั้นมีค่าสูงได้ไม่เกิน 30° ส่วนมุมของการมองในแนวราบแต่ละข้างของผู้เฝ้าตรวจไม่ควรเกิน 45° ทั้งนี้ก็เพื่อลดความผิดเพี้ยนของภาพที่มองเห็น ตารางที่ 1.1 ให้ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของระยะการมองสำหรับจอภาพขนาดต่าง ๆ กัน เกณฑ์ต่าง ๆ ในตารางนี้แสดงว่าแผงจอภาพที่ค่อนข้างกลมจะมีลักษณะเหมาะสมที่สุด ในสถานีเฝ้าตรวจแห่งหนึ่ง ๆ ไม่ควรมีจอภาพเกิน 15 จอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ระยะการมองสูงสุดและต่ำสุดสำหรับจอภาพ

| ขนาดของจอภาพ (นิ้ว) | ระยะการมองสูงสุด (ฟุต) | ระยะการมองต่ำสุด (ฟุต) |
|---|---|---|
| 9 | 7.0 | 3.0 |
| 12 | 10.0 | 3.25 |
| 14 | 12.0 | 3.6 |
| 17 | 14.0 | 3.75 |
| 19 | 17.0 | 3.85 |
| 21 | 19.0 | 4.85 |
| 23 | 19.5 | 5.0 |

มีวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการลดจำนวนจอภาพที่ใช้ให้น้อยลง แต่ยังสามารถแสดงภาพจากกล้องที่มีอยู่ได้ครบ ก็คือการใช้เครื่อง "เลือกและแสดงสัญญาณภาพตามลำดับ"

การใช้วิธีตัดต่อภาพเป็นลำดับ โดยทั่วไปยอมรับเป็นมาตรฐานว่าภาพเหตุการณ์ที่จะดูนั้นต้องไม่เกิน 4 ภาพ ถ้ามีจำนวนภาพเหตุการณ์มากกว่านี้ ผู้เฝ้าตรวจจะรับข่าวสารมากเกินไปจนอิ่มตัว แต่ถ้าลดระยะเวลาการเฝ้าตรวจลงก็อาจเพิ่มจำนวนภาพเหตุการณ์ขึ้นไปได้บ้างในบางกรณี หลักปฏิบัติทั่วไปที่ถือกันอีกอย่างหนึ่งก็คือว่ากล้องถ่ายภาพที่ส่ายไปมาได้อย่างอัตโนมัตินั้นไม่ควรใช้กับการปิดเปิดจอภาพเป็นลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# การวิเคราะห์สัญญาณโทรทัศน์

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ภาพบนจอโทรทัศน์เกิดจากการที่ลำอิเล็กตรอนขนาดจิ๋วกวาดไปทั่วจอภาพ อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีนี้กินเวลาในการคิดประดิษฐ์จนกระทั่งสำเร็จสมบูรณ์นานมาก สาเหตุสำคัญของเรื่องนี้ก็คือว่าการทำให้เกิดภาพต่าง ๆ ติดต่อกันบนจอโทรทัศน์นั้น จำเป็นต้องใช้ประจุไฟฟ้าขนาดจิ๋ว นับเป็นจำนวนหลายล้านตัวต่อวินาทีในลำอิเล็กตรอน หลังจากที่ได้มีการประดิษฐ์ระบบนี้จนเสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้ว ก็ยังมีการวางมาตรฐานเอาไว้ด้วย เพื่อให้ผลิตภัณฑ์จากบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ กันสามารถใช้แทนกันได้

สัญญาณโทรทัศน์ เกิดขึ้นได้โดยกรรมวิธีที่เรียกว่า การสแกนเป็นเส้น (linear scanning) ซึ่งก็เป็นการสร้างภาพจากองค์ประกอบย่อย ๆ โดยใช้เส้นการสแกนที่เรียงต่อเนื่องกันไปเต็มจอภาพ การเคลื่อนที่ผ่านไปบนจอภาพเพื่อทำให้เกิดภาพนั้นจะมีความเร็วสูงมาก แต่ก็สม่ำเสมอ ความเข้มของแสงที่จุดต่าง ๆ บนจอจะแปรค่าไป เพื่อให้สอดคล้องกับภาพที่จะนำมาสร้างขึ้นใหม่บนจอ นัยน์ตาของคนเราจะดำรงความเข้มของแสงจากกรรมวิธีการสแกนนี้เอาไว้ชั่วขณะ ภาพอื่น ๆ ซึ่งเรานับจำนวนเป็น เฟรม (frame) จะถูกสร้างขึ้นติดต่อกันไปโดยการสแกนอย่างรวดเร็ว ทำให้ดูเสมือนว่าภาพบนจอโทรทัศน์มีการเคลื่อนไหว

## 2.1 การสแกนพื้นที่ภาพ

อัตราส่วนของความกว้างกับความสูงของพื้นที่ภาพรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าบนจอโทรทัศน์มีชื่อว่า อัตราส่วนแอสเปกต์ (Aspect ratio) ภาพมาตรฐานจะกว้าง 4 หน่วย และสูง 3 หน่วย จำนวนของเส้นสแกนทั้งหมดใหม่แต่ละภาพจะบอกถึงปริมาณของความละเอียดของภาพที่อาจแสดงให้เห็นได้ ภาพโทรทัศน์มาตรฐาน (ระบบ NTSC) จะมีเส้นสแกนรวมทั้งสิ้น 525 เส้นต่อหนึ่งเฟรม ค่าตัวเลขค่านี้เป็นผลคูณของตัวประกอบต่าง ๆ ที่เป็นเลขคี่ คือ $3 \times 5 \times 5 \times 7 = 525$ เลข จำนวนนี้จะเป็นตัวกำหนดวิธีการแบ่งสัญญาณแบบหยาบ ๆ และแบบละเอียดในลักษณะที่ได้จังหวะกัน โดยจะกล่าวถึงเรื่องนี้ในภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวโดยสรุปก็คือว่า ภาพโทรทัศน์มาตรฐานในสหรัฐอเมริกาจะกว้าง 4 หน่วย และสูง 3 หน่วย ภาพนี้เกิดขึ้นจากลำอิเล็กตรอนที่กวาดไปบนจอภาพด้วยความเร็วคงตัว และเมื่อถึงขอบจอภาพขอบหนึ่ง ณ จุดที่ขยับไปจากตำแหน่งเริ่มต้นของการกวาดครั้งก่อนเล็กน้อย ในแต่ละเฟรมจะมีการกวาด 525 ครั้ง เราจะเห็นในตอนหลังว่าการสร้างภาพ 1 เฟรมนั้นต้องใช้ ฟิลด์ (FIELD) หรือ "สนาม" 2 สนามด้วยกัน

## 2.2 การสแกนแบบสอดสลับกัน

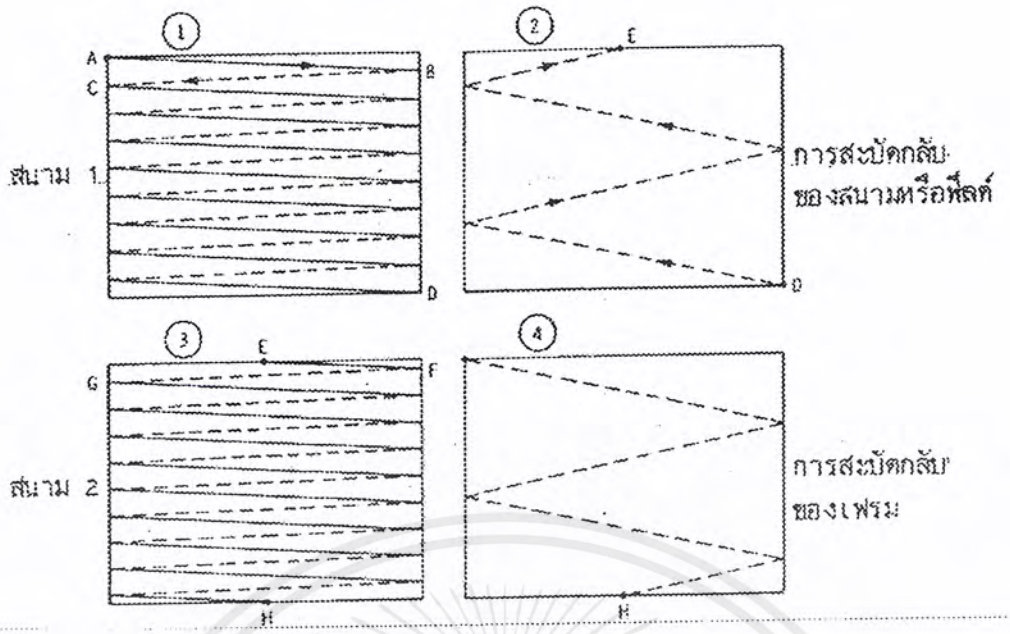
ในการลดการกะพริบและแสดงการเคลื่อนไหว ของภาพบนจอโทรทัศน์ และในขณะเดียวกันก็ใช้อัตราการเปลี่ยนสัญญาณโทรทัศน์ที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ (มีการลดแบนด์วิดท์) นั้น จะใช้ การสแกนแบบสอดสลับกัน (Interlaced scanning) ตามกรรมวิธีนี้ลำอิเล็กตรอนจะกวาดผ่านพื้นที่ภาพรวม 2 เที่ยวต่อหนึ่งเฟรม การกวาดเที่ยวหนึ่ง ๆ จะสร้างสนามภาพขึ้นมา 1 สนาม เส้นสแกนจำนวนครึ่งหนึ่ง คือ 262.5 เส้นจะกวาดผ่านพื้นที่ภาพในเที่ยวแรก ต่อมาเส้นสแกนที่เหลืออีกครึ่งหนึ่งก็จะกวาดผ่านบริเวณพื้นที่ภาพระหว่างเส้นสแกนชุดแรก เพื่อให้ได้ภาพครบ 1 เฟรม การกวาดแบบนี้มีชื่อเรียกว่า การสแกน เส้นคี่สองสนาม (Two-Field Odd-Line) แสดงไว้ในรูปที่ 2.1

การสแกนที่ครบบริบูรณ์จะเริ่มต้นที่จุด A ในรูปที่ 2.1 เมื่อลำอิเล็กตรอนกวาดจุดแสงไปจนสุดขอบจอภาพแล้ว ลำอิเล็กตรอนก็จะถูกดับและถูกสะบัดกลับสู่ขอบตรงข้ามของจอภาพอย่างรวดเร็ว ช่วงเวลาที่ใช้ในการสะบัดลำอิเล็กตรอนกลับตามแนวนอนนี้จะสั้นมากเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่ใช้ในการสแกนตามปกติ การสะบัดกลับแต่ละครั้งจะทำให้เส้นของการสแกนในครั้งใหม่อยู่ต่ำกว่าเส้นสแกนในครั้งก่อนเล็กน้อย เมื่อลำอิเล็กตรอนสแกนไปจนถึงขอบล่างของจอภาพแล้ว มันก็จะถูกดับอีกครั้งหนึ่ง ลำอิเล็กตรอนที่ถูกดับนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นข้างบนอย่างรวดเร็วตามเส้นทางซิกแซ็กจนกระทั่งไปถึงจุด E ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 จากนั้นลำอิเล็กตรอนก็จะเริ่มสแกนสนามภาพอีกสนามหนึ่งซึ่งสอดสลับอยู่กับสนามภาพสนามแรก ต่อมาเมื่อลำอิเล็กตรอนไปถึงจุด H มันก็จะถูกดับและวิ่งตามเส้นทางซิกแซ็ก กลับไปสู่จุด A นี่ก็หมายถึงว่าการสแกนภาพเฟรมหนึ่งได้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ลงแล้ว เนื่องจากสนามภาพแต่ละสนามเกิดขึ้น 60 ครั้งต่อวินาที ดังนั้นจะมีภาพเกิดขึ้นบนจอเป็นจำนวน 30 เฟรมต่อวินาที นั่นคือมีการสแกนเส้นสนามภาพจำนวน 262.5 เส้น ซ้ำ 60 ครั้งในหนึ่งวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง






**รูปที่ 2.1** วิธีการสแกนมาตรฐาน

หรือมีการสแกนเส้นสนามภาพจำนวน 525 เส้น ซ้ำ 30 ครั้งในหนึ่งวินาที เมื่อมีเส้นสแกน 525 เส้นต่อภาพ 1 เฟรม และมีภาพจำนวน 30 เฟรมต่อวินาที จะได้จำนวนเส้นสแกนทั้งหมดเป็น 15,750 เส้นต่อวินาที ในจำนวนเส้นสแกน 525 เส้นต่อภาพ 1 เฟรมนี้ จะมีเส้นสแกน 35 เส้นที่ถูกใช้ไปในขณะที่ลำอิเล็กตรอนเดินทางกลับจากขอบล่างของจอภาพไปสู่ขอบบนรวม 2 เที่ยว ดังนั้นเส้นที่กวาดเป็นภาพจริง ๆ จึงมีเพียง 490 เส้นต่อหนึ่งเฟรม

เมื่อถึงจุดนี้แล้ว ก็ควรพิจารณาเรื่องความละเอียดของภาพโทรทัศน์ กันต่อไป เนื่องจากมีเส้นสแกนที่ใช้กวาดภาพจริง ๆ เพียง 490 เส้น ดังนั้นเส้นสีขาวที่ปรากฏอยู่ในแนวดิ่งหน้ากล้องถ่ายภาพโทรทัศน์จะปรากฏเป็นส่วนย่อยจำนวน 490 ชิ้นซ้อนกัน ด้วยเหตุที่เส้นสแกนแต่ละเส้นมีความกว้างจำกัดตายตัว จึงเห็นได้ชัดว่ารายละเอียดของภาพที่อยู่ระหว่างเส้นสแกนย่อมต้องขาดหายไป โดยทั่วไปแล้ววิธีการสแกนดังกล่าวแล้วนี้จะทำให้ส่วนของภาพขาดหายไปประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ สรุปแล้วจะได้ความละเอียดของภาพเพียงประมาณ 343 (จาก 0.7 x 490) เส้นเท่านั้น จากระบบมาตรฐาน 525 เส้น

ขอให้สังเกตว่าภาพที่มีการสแกนโดยวิธีข้างบนนี้มีความละเอียดสูงสุดได้ไม่เกินกว่าประมาณ 343 เส้นในแนวเส้นดิ่ง กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือว่า ความละเอียดในแนวดิ่ง (Vertical Solution) ของภาพจะเกี่ยวข้องกับค่าตัวเลข 343 ซึ่งเป็นจำนวนเส้นสแกนที่ใช้งานจริง ส่วน ความละเอียดในแนวนอน (Horizontal Resolution) ของภาพจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการเปลี่ยนความเข้มของลำอิเล็กตรอนในขณะที่มันวาดภาพบนจอ อัตราเร็วสูงสุดสำหรับการเปลี่ยนแปลงในแนวนอนดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับผลตอบสนองความถี่หรือแบนด์วิดท์ของสัญญาณโทรทัศน์ ความหมายก็คือแม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42671

ว่าความละเอียดในแนวดิ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นสแกนที่เลือกใช้ (มาตรฐานสหรัฐอเมริกาใช้ 525 เส้น) ความละเอียดในแนวนอนกลับขึ้นอยู่กับสมรรถนะทางไฟฟ้าของระบบแต่ละระบบ โดยทั่วไป ถ้าระบบสร้างสัญญาณโทรทัศน์สามารถส่งสัญญาณที่มีความถี่สูงถึง 4 MHz ได้ และใช้เครื่องมือที่ใช้งานได้อย่างเหมาะสมแล้ว ความละเอียดในแนวนอนของภาพก็อาจสูงได้ถึง 340

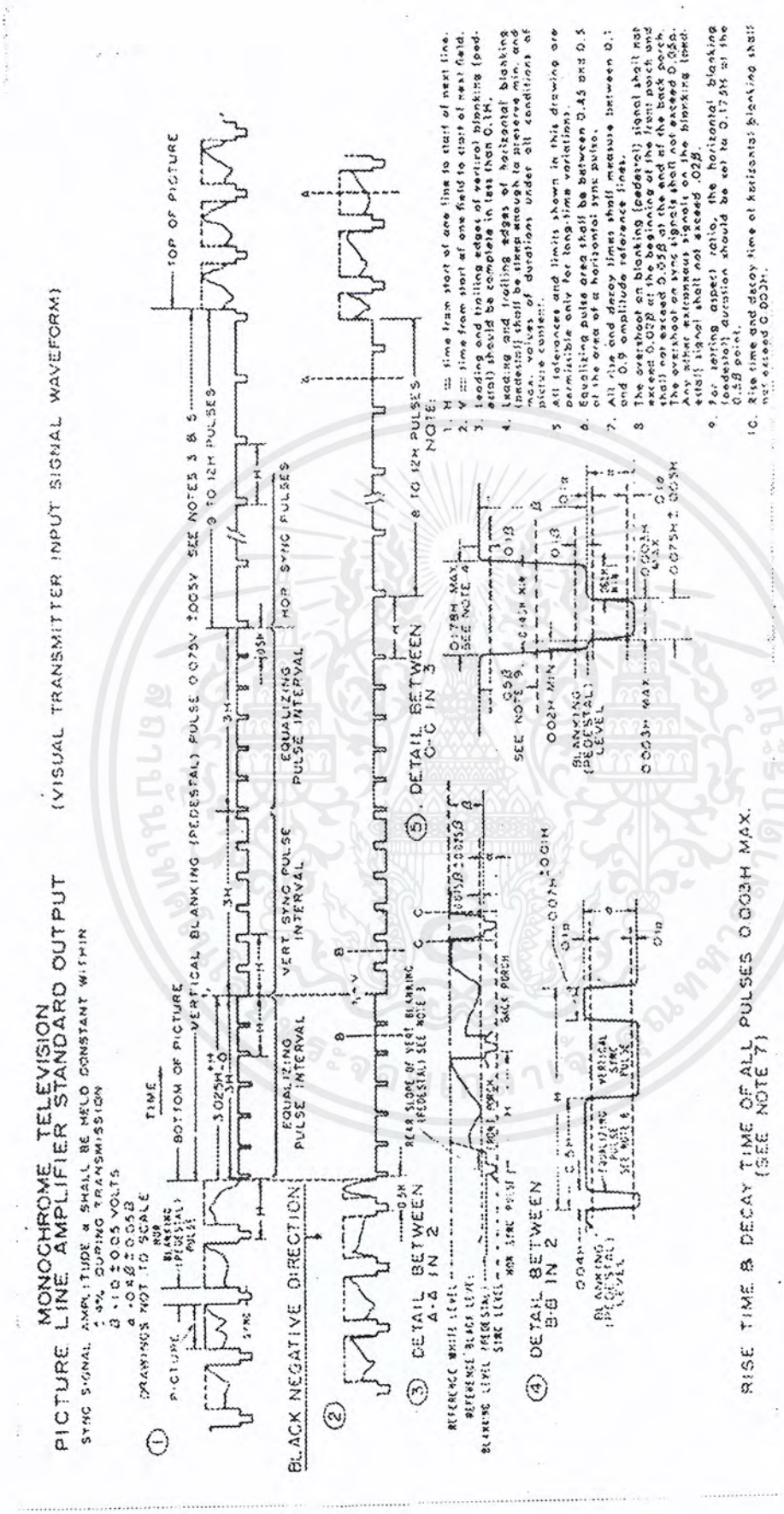
ค่าตัวเลขคุณลักษณะสำหรับระบบโทรทัศน์นั้นก็คือ จำนวนทั้งหมดขององค์ประกอบของภาพหรือจุดภาพ ซึ่งสามารถสร้างขึ้นใหม่ได้ภายในพื้นที่ภาพบนจอโทรทัศน์ จำนวนดังกล่าวนี้คือผลคูณของตัวเลขความละเอียดในแนวดิ่งและตัวเลขความละเอียดในแนวนอนนั่นเอง ในระบบโทรทัศน์วงจรปิดที่ใช้เส้นสแกน 525 เส้น ถ้าองค์ประกอบของภาพมีจำนวนสูงถึง 165,000 ชิ้นก็เรียกได้ว่าดีแล้ว

## 2.3 การซิงโครไนซ์การสแกน

ในตอนนี้จะพิจารณาวิธีการสร้างเส้นสแกนกันต่อไป สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำที่สมบูรณ์จะต้องสามารถทำหน้าที่ได้ 2 อย่าง ประการแรกมันจะต้องสามารถนำคลื่นอิมพัลส์ไปสู่เครื่องรับเพื่อให้จุดปลายลำอิเล็กตรอนเปลี่ยนจากจุดแสงเป็นจุดมืดได้ และประการที่ 2 มันจะต้องสามารถกำหนดขณะเวลาสำหรับเริ่มและหยุดการสแกนได้ (รวมทั้งช่วงเวลาที่ลำอิเล็กตรอนถูกดับไปในระหว่างการสะบัดกลับและการซิงโครไนซ์) ส่วนที่เป็นสัญญาณภาพในคลื่นสัญญาณโทรทัศน์นั้น เมื่อตรวจดูด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป จะปรากฏให้เห็นเป็นเส้นขยุกขยิกซึ่งแสดงถึงการ "วาด" ภาพบนจอโทรทัศน์โดยลำอิเล็กตรอน ส่วนสัญญาณพัลส์สำหรับซิงโครไนซ์ (Synchronizing Pulse) จะต่างกับสัญญาณภาพทั้งในช่วงเวลาและแอมพลิจูด

รูปที่ 2.2 แสดงรูปคลื่นซิงโครไนซ์ของโทรทัศน์ตามมาตรฐาน RETMA ความถี่พื้นฐานของสัญญาณซิงโครไนซ์ก็คือ 60 เฮิรตซ์ เหตุผลสำหรับการใช้ค่าความถี่นี้ก็เนื่องจากว่าในตอนที่มีการดัดแปลงมาตรฐานโทรทัศน์นั้น ความถี่ของแรงดันจากสายส่งกำลังในอเมริกาเหนือได้มีมาตรฐานเป็น 60 เฮิรตซ์ อยู่ก่อนแล้ว และค่านี้ใกล้เคียงกับความถี่ของสำนักงานมาตรฐานอเมริกาอยู่มาก วิธีการนี้ทำให้สามารถซิงโครไนซ์ระบบง่าย ๆ โดยใช้ความถี่จากสายส่งกำลังได้ และยังป้องกันการ เฮเทคโรดายน์ (Heterodyning) หรือการเปิดบิดเป็นจังหวะ ๆ อันเป็นผลจากการที่ความถี่สายส่งกำลังและความถี่สำหรับซิงโครไนซ์มีค่าไม่เท่ากันได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.2** รูปคลื่นชิงโคร์ไนซ์มาตรฐานสำหรับโทรทัศน์ (จาก Electronic Industries Assn.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานการซิงโครไนซ์ในระบบโทรทัศน์อาศัยช่วงเวลา ที่ใช้ในการสแกนเส้นสแกนหนึ่งเส้น หรือส่วนกลับของความถี่การสแกน (มาตรฐานของสหรัฐอมริกาใช้ค่า 1/15,750) จะใช้สัญลักษณ์ H แทนช่วงเวลาของการสแกนเส้นสแกนหนึ่งเส้น และแทนช่วงเวลาระหว่างจุดจุดหนึ่งบนพัลส์แนวนอน (ถือพัลส์สำหรับการสแกน) พัลส์หนึ่งกับจุดเช่นเดียวกันนี้อีกจุดหนึ่งบนพัลส์แนวนอนที่มีตามมา พารามิเตอร์สำหรับการซิงโครไนซ์ทุกตัว ตัวอย่างเช่น อัตราพัลส์ และช่วงเวลาปรากฏตัวของพัลส์ สามารถจัดให้อยู่ในเทอมของเวลา H ได้ทั้งหมด ในรูปที่ 2.? ให้เกตว่าส่วนใช้งานของเส้นสแกนซึ่งเป็นส่วนแสดงสัญญาณภาพบนจอนั้นอยู่ในช่วงเวลา H ลบออกเสียด้วยช่วงเวลาปรากฏตัวของแบลงกิงพัลส์ (Blanking Pulse) นอกจากนี้ ช่วงเวลาที่ใช้ในการสแกนตามแนวดิ่งครบหนึ่งสนามภาพ อันเป็นช่วงที่ข่าวสารสัญญาณภาพที่แท้จริงปรากฏขึ้นบนจอโทรทัศน์นั้น ก็จะเท่ากับช่วงเวลาของสนามภาพลบออกเสียด้วยช่วงเวลาการดับลำอิเล็กตรอนตามแนวนอนดังที่ได้กล่าวถึงไปแล้ว รูปคลื่นที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 เป็นรูปคลื่นที่อาจสร้างขึ้นได้โดยเครื่องกำเนิดสัญญาณซิงโครไนซ์ของระบบโทรทัศน์ และถูกป้อนผ่านไปทั่วระบบระบบหนึ่ง มาตรฐานของพัลส์สำหรับการซิงโครไนซ์จะมีแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ถ้าไม่ใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณซิงโครไนซ์แยกต่างหากอย่างเช่นกรณีของระบบง่าย ๆ แบบหนึ่ง สัญญาณต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการสร้างสัญญาณจะต้องมาจากภายในกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์เองจะกล่าวถึงเรื่องนี้เป็นการเพิ่มเติมอีกเมื่อถึงเรื่องของกล้องถ่ายภาพและเครื่องแสดงภาพโทรทัศน์ในตอนหลัง

สัญญาณมาตรฐานของระบบโทรทัศน์ที่แทนเส้นสแกนในแนวนอนหนึ่งเส้นมีแสดงไว้ในรูปที่ 2.3 ขอให้สังเกตว่ามาตรฐานนี้รวมถึงทั้งแอมพลิจูดและเวลา (รูปร่างของพัลส์) รูปคลื่นแบบนี้เป็นรูปคลื่นสำคัญอย่างยวดยิ่งที่ต้องเกี่ยวข้องด้วยในระบบโทรทัศน์วงจรปิด สัญญาณที่มีรูปคลื่นเช่นนี้จะต้องผ่านการส่งและรับในระบบใด ๆ โดยไม่ผิดเพี้ยนมากนัก ส่วนประกอบที่มีความถี่สูงสุดของสัญญาณจะเกิดขึ้นในตอนที่ส่วนซิงโครไนซ์ของสัญญาณกระโดดขึ้นและกระโดดลง ส่วนประกอบความถี่สูงสุดส่วนอื่น ๆ จะเกิดขึ้นเมื่อสัญญาณเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากระดับที่มีแสงของภาพไปเป็นระดับมืดของภาพ ตามที่ได้ทราบมาก่อนแล้วว่า ส่วนประกอบที่มีความถี่สูงถึง 4 MHz จะเป็นส่วนที่ทำให้สร้างภาพขึ้นมาใหม่ได้ใกล้เคียงภาพเดิมมากพอควร

การซิงโครไนซ์จะกล่าวอีกครั้งหนึ่งในภายหลัง เมื่อกล่าวถึงกล้องถ่ายภาพและระบบทั้งระบบ สิ่งสำคัญที่ควรสังเกตในตอนนี้ก็คือว่าในระบบโทรทัศน์วงจรปิดนั้น ภาระในการส่งสัญญาณและคุณภาพของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับผู้ใช้ หาใช่ผู้ส่งกระจายเสียงทางการค้าซึ่งคณะกรรมการควบคุมการสื่อสาร (FCC) เป็นผู้ดูแลไม่ สิ่งที่ผู้ใช้ระบบโทรทัศน์วงจรปิดจะต้องพิจารณาชดเชยกันให้พอเหมาะก็คือ ค่าโสหุ้ยในการติดตั้ง ความซับซ้อนของระบบ และคุณภาพของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

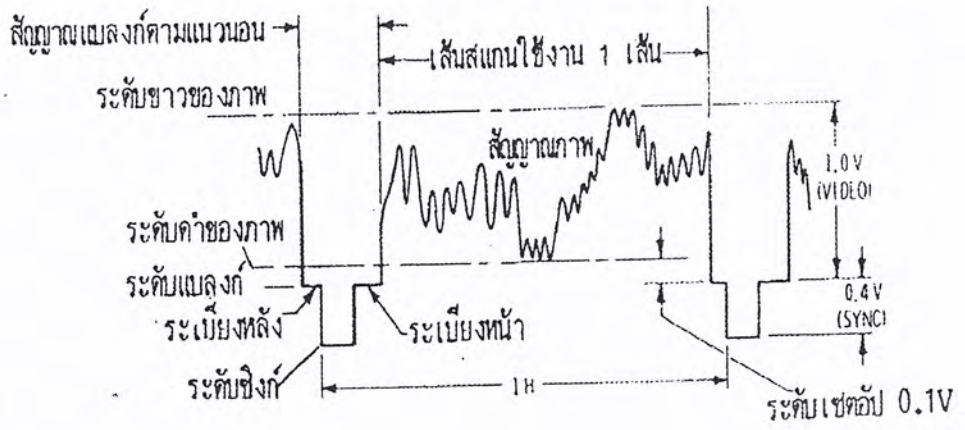
**ตารางที่ 2.1** มาตรฐานของพัลส์สำหรับการซิงโครไนซ์

| ชนิดของพัลส์ | อัตราพัลส์ (ความถี่เป็น pps) | เวลาปรากฏตัว (H-63.492μs) (V-16,677μs) | เวลาปรากฏตัวในหน่วยของ $10^{-6}$ วินาที | | | อัตราการซ้ำ Hz) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ต่ำสุด | ค่าปานกลาง | สูงสุด | |
| ซิงก์ในแนวนอน | 15,750 | .075H±.005H | 4.44 | 4.76 | 5.08 | 15,750 |
| แบลงก์ในแนวนอน | 15,750 | .165H to .178H | 10.48 | (10.89)* | 11.3 | 15,750 |
| การอีควาไลซ์ | 31,500 | .04H† | 2.00‡ | (2.27)* | 2.54‡ | 60 |
| ซิงก์ในแนวดิ่ง | 31,500 | .43HH to 01H | 26.67 | 27.3 | 27.9 | 60 |
| ซิกแซ็กในแนวดิ่ง | 31,500 | .07H± .01H | 3.81 | 4.44 | 5.08 | 60 |
| แบลงก์ในแนวดิ่ง | 60 | .075V±.005H | 1167 | 1250 | 1333 | 60 |
| ไดรว์ในแนวนอน | 15,750 | .1H±.005H | 6.03 | 6.35 | 6.67 | 15,750 |
| ไดรว์ในแนวดิ่ง | 60 | .04±.006V | 567 | 667 | 767 | 60 |

*จุดกลางพิสัย

†ต้องอยู่ในช่วง 0.45-0.50 ของพื้นที่ของสัญญาณซิงโครไนซ์ในแนวนอน

‡ค่าจากการคำนวณ




รูปที่ 2.3 สัญญาณประสมมาตรฐานของระบบโทรทัศน์

## 2.4 โทรทัศน์แบนด์วิดท์แคบ

ได้เห็นแล้วว่าความละเอียดของภาพโทรทัศน์เฟรมหนึ่ง ๆ นั้นเป็นฟังก์ชันของเวลา หรือแปรตามเวลา ความละเอียดในแนวดิ่งของภาพขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นสแกนทั้งหมดที่ลำอิเล็กตรอนสแกนได้ใน 1 วินาที ส่วนความละเอียดในแนวนอนเป็นฟังก์ชันอัตราการเปลี่ยนแปลงของอิมพัลส์สัญญาณภาพโทรทัศน์ อาจทำให้ได้ความละเอียดของภาพมีค่าสูงขึ้นโดยลดอัตราการเปลี่ยนแปลงเฟรมภาพลงมา แต่วิธีนี้จะทำให้ภาพที่ปรากฏบนจอมีการกระตุกเป็นจังหวะ ๆ คล้ายกับภาพยนตร์สมัยแรก ๆ และถึงแม้จะทำเช่นนี้ ก็ยังต้องใช้แบนด์วิดท์ของสัญญาณเป็นแถบกว้างหลาย ๆ เมกะเฮิรตซ์อยู่นั่นเอง บางกรณี อาจจะไม่คำนึงถึงการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องของภาพเลยก็ได้ ในกรณีเช่นนี้สัญญาณที่ต้องการจะมีแบนด์วิดท์แคบคืออยู่ในย่านความถี่เสียงเท่านั้นเอง สัญญาณในย่านความถี่นี้อาจส่งผ่านไปในข่ายโทรศัพท์ได้

ข้อดีของการที่สามารถส่งสัญญาณภาพผ่านไปในระบบสายส่งหรือระบบวิทยุอย่างง่ายก็คือวิธีนี้สามารถทุ่นค่าใช้จ่ายได้ ตามความจริงแล้วราคาของสายเคเบิล แบบโคแอกเซียลยาวเพียง 1 หรือ 2 ไมล์ อาจจะสูงกว่าราคาของกล้องถ่ายภาพและจอภาพโทรทัศน์ชั้นดีเสียด้วยซ้ำ

การส่งสัญญาณภาพด้วยอัตราเฟรมต่ำเป็นการชดเชยกันกับความละเอียดภาพที่เพิ่มขึ้น ณ ค่าแบนด์วิดท์ที่กำหนดให้ค่าหนึ่ง ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่าง ๆ คือ แบนด์วิดท์ ช่วงเวลาของภาพหนึ่งเฟรม และความละเอียดในแนวนอนและในแนวดิ่งของภาพ ขอให้สังเกตว่าถ้ายินยอมพร้อมใจที่จะรอให้ภาพหนึ่งเฟรม เสร็จสิ้นสมบูรณ์ภายในเวลาที่ยาวนานถึงครึ่งนาทีได้ ก็จะได้ความละเอียดภาพที่ดีเยี่ยม คือในราว 700 เส้น หรือมิฉะนั้นก็อาจสร้างภาพโทรทัศน์โดยมีความละเอียด 500 ส่วนในแนวหนึ่งและ 960 ส่วนในอีกแนวหนึ่งได้ วิธีการนี้ยังใช้แบนด์วิดท์แคบเพียงความถี่ไม่เกิน 8 กิโลเฮิรตซ์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแบนด์วิดท์ ช่วงเวลาสำหรับภาพหนึ่งเฟรม และความละเอียดของภาพในระบบโทรทัศน์แบบสแกนช้า ๆ

| แบนด์วิดท์ ประสิทธิผล | องค์ประกอบ ภาพ/วินาที | ช่วงเวลาสำหรับ ภาพหนึ่งเฟรม | ความละเอียด ในหน่วยพิกเซล |
|---|---|---|---|
| 1 kHz | 2000 | 30.00 วินาที | 250 x 240 |
| 1 kHz | 2000 | 1.00 นาที | 250 x 480 |
| 1 kHz | 2000 | 2.00 นาที | 500 x 480 |
| 2 kHz | 4000 | 30.00 วินาที | 250 x 480 |
| 2 kHz | 4000 | 1.00 นาที | 500 x 480 |
| 2 kHz | 4000 | 2.00 นาที | 500 x 960 |
| 4 kHz | 8000 | 7.50 วินาที | 250 x 240 |
| 4 kHz | 8000 | 15.00 วินาที | 250 x 480 |
| 4 kHz | 8000 | 30.00 วินาที | 500 x 480 |
| 4 kHz | 8000 | 1.00 นาที | 500 x 960 |
| 8 kHz | 16000 | 3.75 วินาที | 250 x 240 |
| 8 kHz | 16000 | 7.50 วินาที | 250 x 480 |
| 8 kHz | 16000 | 15.00 วินาที | 500 x 480 |
| 8 kHz | 16000 | 30.00 วินาที | 500 x 960 |

## 2.5 วิธีการที่จะทำให้ได้แบนด์วิดท์แคบ

ในการสร้างภาพโทรทัศน์โดยใช้สัญญาณแบนด์วิดท์แคบนั้น มีวิธีการง่าย ๆ คือใช้ความเร็วของการสแกนต่ำ ๆ ปัญหาของวิธีนี้ก็คือตาคนจะเห็นจุดแสงเคลื่อนไปบนจอหลอดรังสีแคโทดธรรมดาโดยที่ความเข้มของแสงมากบ้างน้อยบ้างแต่ไม่เห็นเป็นภาพอะไรบนจอ การแก้ปัญหานี้ทำได้โดยใช้จอภาพที่คงความเข้มของแสงไว้ได้นาน ถ้าใช้สารฟอสฟอร์ซึ่งมีสมบัติคงความเข้มของแสงได้เคลือบจอภาพ ก็จะได้ภาพที่ค่อย ๆ จางหายไปถ้าหากไม่มีลำอิเล็กตรอนสแกนมาสร้างจุดแสงซ้ำให้ ปรากฏการณ์นี้เป็นอย่างเดียวกันกับที่เกิดขึ้นบนจอสโคปของระบบเรดาร์ วิธีการอีกแบบหนึ่งที่จะทำให้ได้ภาพจากการสแกนช้า ๆ ก็คือให้จุดแสงส่องความสว่างไปกระทบแผ่นฟิล์มถ่ายรูปซึ่งอยู่ในที่มืด เมื่อนำแผ่นฟิล์มนี้ไปล้างด้วยน้ำยาเคมี ก็จะได้ภาพที่ถาวรปรากฏขึ้น

ด้วยเหตุผลทางด้านการตลาดและเศรษฐศาสตร์ อาจไม่ใช้กล้องถ่ายภาพ และจอภาพแบบสแกนช้า แต่อาจนำชุดอุปกรณ์โทรทัศน์มาตรฐาน 525 เส้นมาใช้แทน วิธีการหนึ่งในระบบนี้ก็คือใช้เครื่องแปรผันการสแกน เครื่องอุปกรณ์นี้ใช้หลอดภาพแบบสองท่อน (Double-ended tube) ท่อนหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเครื่องมือนี้มีลำอิเล็กตรอนที่สร้างภาพโดยการสแกนอย่างช้า ๆ ส่วนอีกท่อนหนึ่งเป็นระบบเก็บภาพโดยการสแกนด้วยอัตราเร็วมาตรฐาน หรือมิฉะนั้นก็กลับกัน ระบบโทรทัศน์แบนด์แคบซึ่งใช้การแปลงผันการสแกนแบบนี้มีใช้ในโครงการอวกาศ แต่ระบบที่ใช้มีความยุ่งยากซับซ้อน และมีราคาแพง

วิธีการใหม่วิธีหนึ่งซึ่งบริษัทโคโลราโดวิดีโอ (Colorado Video, Inc.) แห่งเมืองบูลเดอร์ รัฐโคโลราโด สหรัฐอเมริกา พัฒนาขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ ใช้การเก็บสะสมข้อมูลภาพโทรทัศน์ระบบมาตรฐานไว้ในแผ่นจานแม่เหล็ก จากนี้ข้อมูลในแผ่นจานแม่เหล็กจะถูกเก็บตัวอย่างด้วยอัตราราคาต่ำ เมื่อข้อมูลที่เก็บมานี้ไปถึงปลายทางแล้ว ข้อมูลก็จะถูกบันทึกเอาไว้อีกครั้งหนึ่ง และถูกเก็บไปใหม่โดยใช้อัตราค่ามาตรฐาน เพื่อแสดงเป็นภาพบนจอภาพธรรมดาทั่ว ๆ ไป

ระบบดังกล่าวข้างต้นทำงานโดยการเก็บตัวอย่างสัญญาณโทรทัศน์มาตรฐานหนึ่งครั้งในช่วงเวลา $63.5 \times 10^{-6}$ วินาที ของการสแกนตามแนวนอน ทั้งนี้โดยใช้วงจรเก็บและคงค่าตัวอย่างสัญญาณ (Sample and hold Circuit) อัตราการเก็บตัวอย่างนี้ให้ผลเท่ากับการสแกนภาพโทรทัศน์มาตรฐานตามแนวดิ่งด้วยอัตรา 1/30 วินาทีต่อเฟรม ดังนั้นเส้นสแกนจำนวน 525 เส้นจะถูกเก็บตัวอย่างไปทุก ๆ 1/30 วินาที การสแกนด้วยอัตราค่าต่ำตามแนวนอนจึงซ้อนอยู่บนการสแกนตามแนวดิ่งโดยที่ภาพบนจอถูกสแกนจากซ้ายไปขวาด้วยอัตรา 8 วินาทีต่อการสแกนหนึ่งครั้ง เมื่อครบเวลา 8 วินาทีแล้วจะได้การสแกนตามแนวดิ่งรวมทั้งหมด 240 ครั้ง แต่ละครั้งประกอบด้วยเส้นสแกนตามแนวนอน 525 เส้น และผลก็คือเก็บตัวอย่างสัญญาณได้ทั้งหมด 126,000 ชิ้นต่อหนึ่งเฟรม เวลาสูงสุดในการเก็บตัวอย่างสัญญาณ 1 ชิ้นจึงเป็น $(63.5/240) \times 10^{-6}$ วินาที หรือ $264 \times 10^{-9}$ วินาที วงจรเก็บและคงค่าตัวอย่างสัญญาณจึงมีเวลา $63.5 \times 10^{-6}$ วินาที สำหรับส่งตัวอย่างสัญญาณชิ้นที่เก็บนี้ไปยังปลายทาง นี่ก็หมายความว่าเวลาได้ถูกขยายออกไป 240 เท่า และแบนด์วิดท์ของสัญญาณที่ส่งไปแคบลงกว่าเดิมได้สัดส่วนกัน

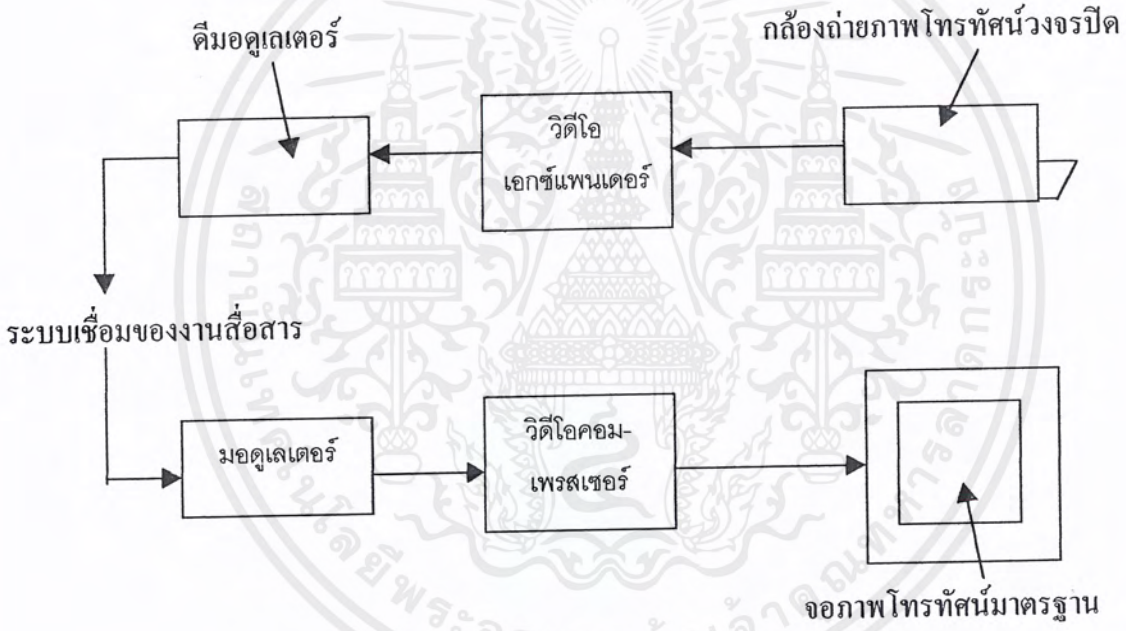
ทางด้านรับสัญญาณนั้น จะมีการสร้างขบวนพัลส์ที่ขยับเคลื่อนที่เป็นสายขึ้นมาขบวนหนึ่ง พัลส์ขบวนนี้จะถูกมอดูเลตทางความกว้างโดยสัญญาณแบนด์วิดท์แคบที่ถูกส่งไปถึง จากนั้นขบวนพัลส์ที่มอดูเลตแล้วก็จะถูกบันทึกไว้บนแผ่นจานแม่เหล็กซึ่งหมุนด้วยความเร็ว 1800 รอบต่อนาทีหรือ 30 รอบต่อวินาที ในช่วงที่จานแม่เหล็กหมุนครบหนึ่งรอบนั้นจะมีพัลส์จำนวน 525 พัลส์ถูกบันทึกไว้ โดยที่แต่ละพัลส์ได้จากเส้นสแกนแต่ละเส้นในภาพหนึ่งเฟรม พัลส์จำนวน 525 พัลส์แรกสมนัยกับตัวอย่างสัญญาณสำหรับจุดภาพทางขอบด้านซ้ายของจอภาพ ส่วนพัลส์จำนวน 525 พัลส์ชุดที่ 2 ซึ่งขยับไปจากพัลส์ชุดแรกเล็กน้อยจะให้จุดภาพของเส้นสแกนในแนวดิ่งเส้นที่ 2 ดังนั้นภาพหนึ่งเฟรมจะค่อยแผ่ขยายจากซ้ายไปขวาในขณะที่แผ่นจานแม่เหล็กหมุนไปเรื่อย ๆ

เมื่อเวลาผ่านไปครบ 8 วินาที แผ่นจานแม่เหล็กจะหมุนได้ 240 รอบและบันทึกชิ้นตัวอย่างสัญญาณได้ 126,000 ชิ้น ซึ่งก็ครบ 1 เฟรมนั่นเอง จากนั้นแผ่นจานแม่เหล็กจะถูกหมุนเพื่อปล่อยสัญญาณออกตามเวลาจริง และให้ภาพโทรทัศน์มาตรฐาน หลังจากที่สัญญาณภาพได้ถูกบันทึกไว้ครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 เฟรมแล้ว อาจหลอดเครื่องส่งสัญญาณออกจากสายส่งได้จนกระทั่งถึงเวลาส่งภาพเฟรมต่อไป ส่วนภาพในเฟรมที่บันทึกไว้แล้วนั้น อาจนำออกไปจากจานแม่เหล็กและแสดงไว้บนจอภาพให้นานเท่าไรก็ได้ แล้วแต่ความต้องการ

โดยมากแล้ว สัญญาณแบนด์วิดท์แคบอย่างที่กล่าวถึงนี้จะไม่สามารถส่งผ่านไปในสายส่งในรูปแบบข้อมูล "ดิบ" ได้ ตามปกติจะใช้สัญญาณนี้มอดูเลตสัญญาณคลื่นพาห์ ซึ่งจะถูกดีมอดูเลตที่เครื่องรับทางปลายสายต่อไป จะกล่าวถึงการมอดูเลตสัญญาณในรายละเอียดต่อไปในบทที่ชื่อว่า "การควบคุมอุปกรณ์วิดีโอ" รูปที่ 2.4 แสดงถึงระบบโทรทัศน์แบนด์วิดท์แคบที่สมบูรณ์ระบบหนึ่ง อุปกรณ์ที่ใช้แปรผันสัญญาณโทรทัศน์มาตรฐานไปเป็นสัญญาณโทรทัศน์แบนด์วิดท์แคบมีชื่อเรียกว่า วิดีโอคอมเพรสเซอร์ ส่วนที่เครื่องรับสัญญาณนั้น จะมีเครื่อง วิดีโอเอกซ์แพนเดอร์ สำหรับแปรผันสัญญาณกลับมาเป็นแบบมาตรฐานสำหรับการแสดงภาพบนจอภาพธรรมดาทั่วไป




**รูปที่ 2.4** ระบบโทรทัศน์แบนด์วิดท์แคบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

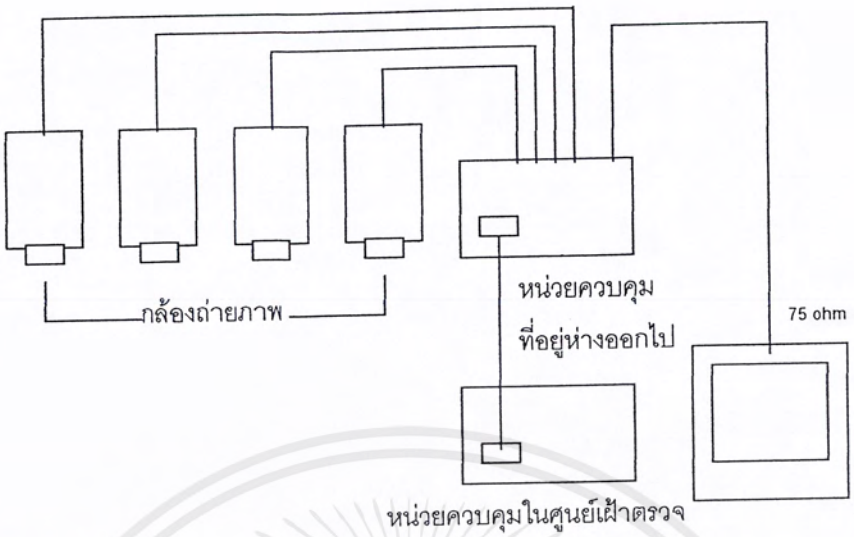
# บทที่ 3
# การตัดต่อภาพโทรทัศน์

คุณสมบัติสำคัญประการหนึ่งของระบบระวังภัยด้วยโทรภาพก็คือข้อดีเนื่องจากการที่ผู้เฝ้าตรวจสามารถตัดต่อภาพจากกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์หลาย ๆ กล้องซึ่งอยู่ตามจุดควบคุมต่าง ๆ ได้ กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ที่ใช้อาจจะมีจำนวนเท่าไรก็ได้ ระบบกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ที่จัดไว้เพื่อทำให้ผู้บุกรุกขยาดกลัวนั้นอาจจะใช้ร่วมกันหรือเปลี่ยนไปเป็นระบบสำหรับจับกุมผู้บุกรุกก็ได้ ข้อดีอีกอย่างหนึ่งก็คือว่าเราสามารถตัดวงจรกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ที่ไม่ใช้หรือเสียแล้วออกไปได้ หรือเราอาจจะดูภาพจากกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์บางกล้องโดยอัตโนมัติหรือรับภาพจากกล้องเหล่านี้โดยใช้อุปกรณ์เตือนภัยจากการบุกรุกต่าง ๆ เช่น เครื่องตรวจสอบการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ไปจนกระทั่งถึงตัวตรวจสอบแบบโฟโตเซลล์ (photocell) และตัวตรวจรับสัญญาณแบบอื่น ๆ ระบบตัดต่อภาพโทรทัศน์นั้นอาจจะทำได้โดยใช้หน่วยควบคุมแบบง่าย ๆ หรืออาจจะใช้อุปกรณ์โซลิดสเตต (Solid State) ที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมาก ๆ ก็ได้

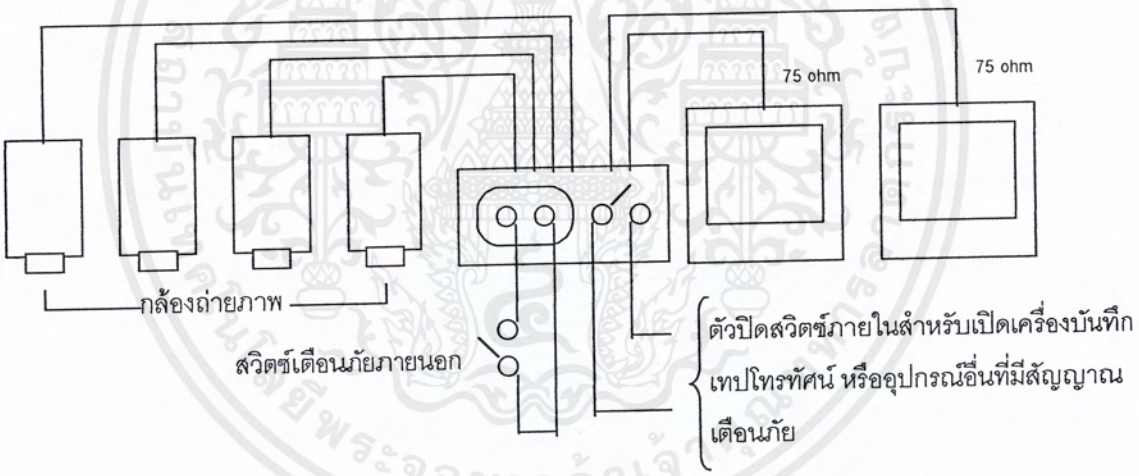
สิ่งที่จำเป็นในการตัดต่อภาพโทรทัศน์ของระบบโทรทัศน์วงจรปิดก็คือว่าสเปกตรัมประสิทธิผลของสัญญาณภาพโทรทัศน์ (ประมาณ 4 MHz) จะต้องสามารถตัดต่อได้โดยไม่เกิด "ภาพซ้อน (ghost)" ความสูญเสียของสัญญาณความถี่สูง การเคลื่อนเฟส (phase) หรือวัฏภาคของสัญญาณความถี่ต่ำ หรือเกิดสัญญาณรบกวนจากระบบไฟฟ้าภายในบ้าน ในสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ตัดต่อภาพโทรทัศน์แบบง่าย ๆ นั้น ทั้งหมดนี้สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์การตัดต่อแบบพาสซีฟ (passive) แต่ทั้งนี้สายเคเบิลที่ใช้จะต้องไม่ยาวจนเกินไปนัก และจะต้องมีการต่อวงจรสุดปลายสายให้เหมาะสม ในกรณีที่ต้องการดูภาพสัญญาณโทรทัศน์จากกล้องถ่ายภาพหลาย ๆ กล้องเราจำเป็นต้องใช้วิธีการประมวลผลสัญญาณในบางรูปแบบประกอบด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจนดี และมีสมรรถนะที่ดีไม่ว่าจะใช้วิธีการตัดต่อภาพอย่างไร

ชุดแผนภาพต่าง ๆ ในรูปที่ 3.1 ถึงรูปที่ 3.6 แสดงถึงวิธีการตัดต่อภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพหลาย ๆ กล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

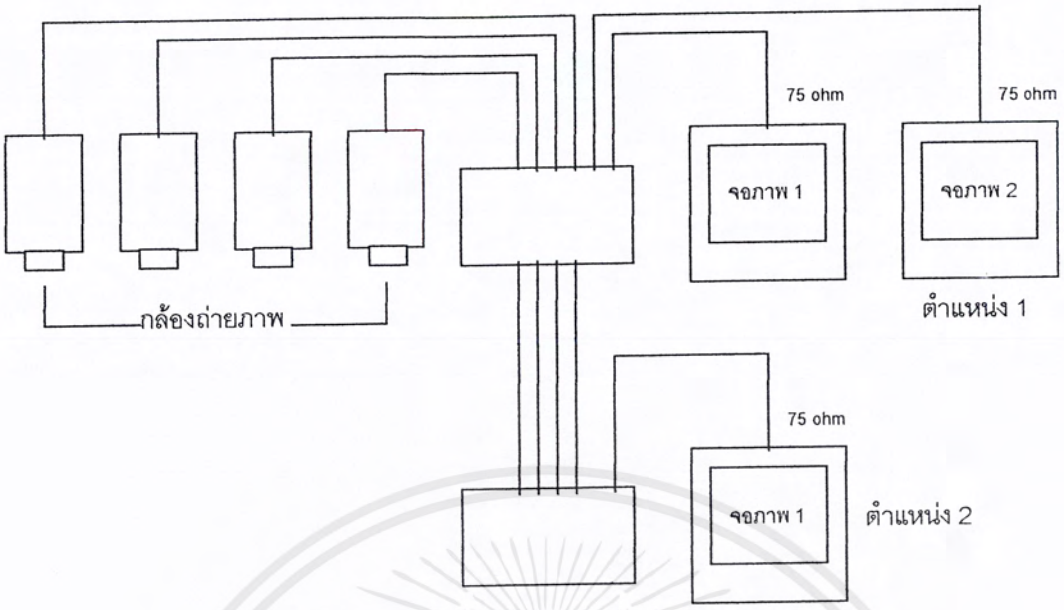



**รูปที่ 3.1** การต่อสัญญาณโทรทัศน์แบบใช้ตัวต่อภาพเป็นลำดับในระยะไกล

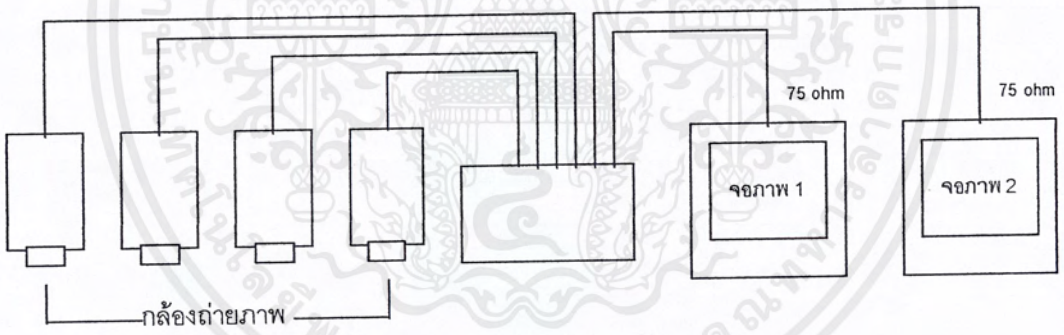



**รูปที่ 3.2** ตัวตัดต่อภาพเป็นลำดับ ชนิดคืนสู่เหย้าโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

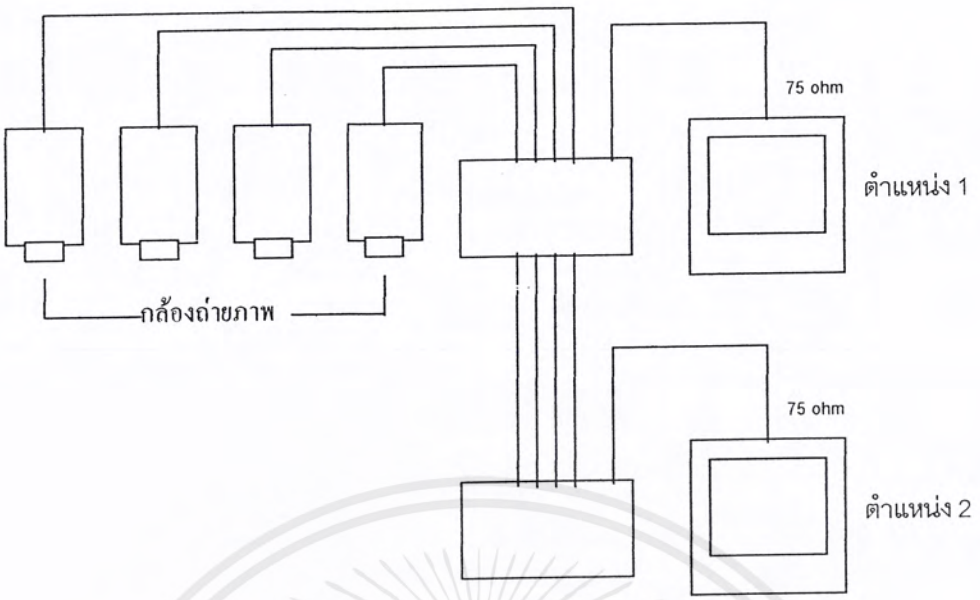



**รูปที่ 3.3** ตัวตัดต่อภาพเป็นลำดับซึ่งใช้บริดจิง (beidging) และการต่อโยงสัญญาณเข้าแบบ TTL

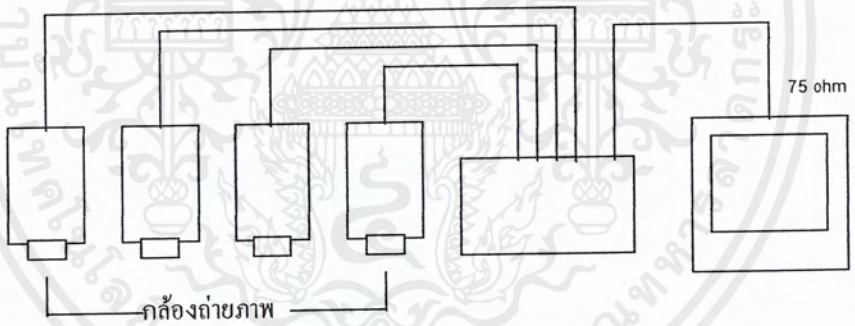



**รูปที่ 3.4** ตัวตัดต่อภาพเป็นลำดับชนิดใช้บริดจิง (beidging)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.5** ตัวตัดต่อภาพเป็นลำดับชนิดคืนสู่เหย้า และใช้การต่อโยงสัญญาณเข้าแบบ TTL

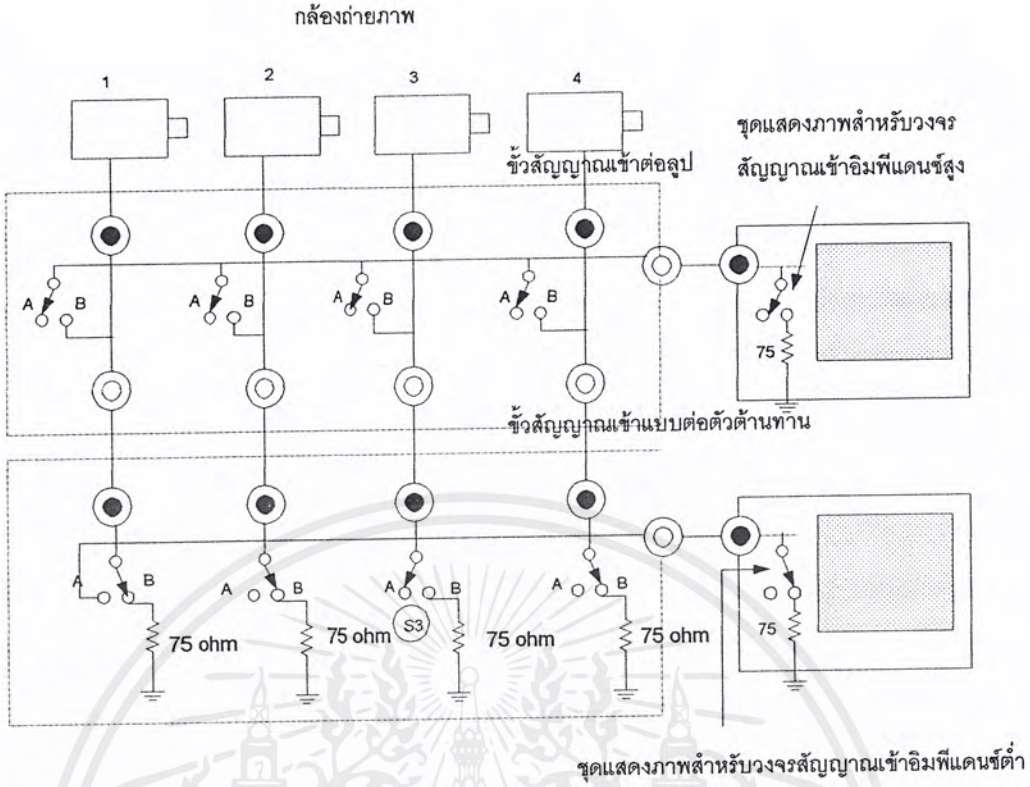



**รูปที่ 3.6** ตัวตัดต่อภาพเป็นลำดับชนิดคืนสู่เหย้า

## 3.1 หลักการตัดต่อภาพ

หลักการพื้นฐานของการจัดวางอุปกรณ์ตัดต่อภาพโทรทัศน์ใด ๆ นั้นจะเป็นไปตามรูปที่ 3.7 ในรูปนี้จะเห็นว่าใช้สวิตช์สองทางขั้วเดียว 4 ตัวก็ตาม อาจจะใช้สวิตช์เป็นจำนวนเท่าไรก็ได้ สิ่งที่สำคัญก็คือว่าสวิตช์ต่าง ๆ นั้นจะต่อเข้าด้วยกันแบบเชิงกล ทำให้มีสวิตช์เพียงตัวเดียวเท่านั้นที่ต่ออยู่กับตำแหน่ง B ในขณะเวลาใดเวลาหนึ่ง หน้าที่การปฏิบัติงานเช่นนี้อาจะทำได้โดยใช้สวิตช์เชิงกลหรือสวิตช์โซลิดสเตตก็ได้ แต่หลักการก็ยังเป็นเช่นเดิม อุปกรณ์ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.7 นี้อาจจะจัดเสียใหม่ให้อยู่ลักษณะเด่นเพื่อสามารถทำหน้าที่ได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.7** ผังการตัดต่อสัญญาณภาพโทรทัศน์แบบพื้นฐาน

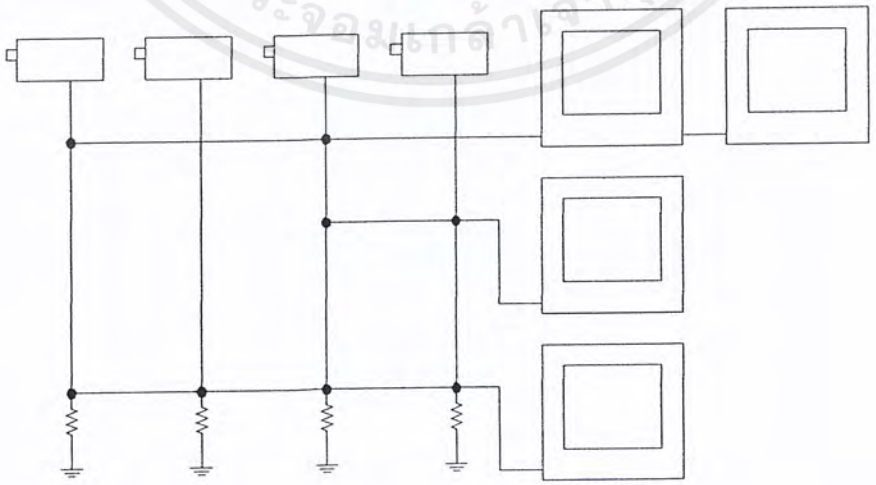
ในการกล่าวถึงการจัดวิธีการตัดต่อภาพและหน้าที่ต่าง ๆ ของระบบนี้จะใช้คำศัพท์พิเศษบางคำ คำแรกก็คือเครื่องตัดต่อภาพชนิดพาสซีฟ (passive) เครื่องตัดต่อภาพชนิดนี้จะตัดต่อภาพก็ทำไปเป็นผลสำเร็จโดยมิได้มีการกระทำกรรมวิธีใด ๆ แก่สัญญาณภาพ นอกจากนี้การตัดต่อภาพก็ทำไปเป็นผลสำเร็จโดยมิได้รบกวนวงจรสุดปลายสายของเคเบิล จะละไว้ในฐานที่เข้าใจกันด้วยว่าเครื่องตัดต่อภาพแบบพาสซีฟง่าย ๆ นั้นใช้หน้าสัมผัสเชิงกลทั่ว ๆ ไป ซึ่งโดยมากแล้วก็คือสวิตช์ที่เดิมออกแบบไว้ใช้กับแรงดันกระแสตรงค่าต่ำที่นั้นเอง ได้ กล่าวมาแล้วว่าระบบระวังภัยส่วนมากจะใช้สายโคแอกเซียล (coaxial) ที่ไม่ได้ดุล ซึ่งมีอิมพีแดนซ์ลักษณะเป็น 75 โอห์ม ต่อไว้ที่ปลายสายในทุกกรณี มิฉะนั้นแล้วก็จะเกิดภาพซ้อนหรือมีการสูญเสียเชิงสเปกตรัมเกิดขึ้น

จะเรียกว่าเครื่อง แสดงภาพโทรทัศน์,หน่วยอุปกรณ์ตัดต่อภาพ, หรืออุปกรณ์อย่างอื่นว่าถูกต่อลูป (looped) เข้ากับวงจรสัญญาณภาพเมื่อวงจรนั้นผ่านอุปกรณ์เหล่านี้ไปโดยมิได้รบกวนอิมพีแดนซ์ที่ปลายสายของอุปกรณ์ดังกล่าว ดังนั้นการต่อลูป (looping) อุปกรณ์เข้ากับวงจรจึงเป็นเพียงการต่อแบบ “T” แบบง่าย ๆ แบบหนึ่ง (แต่ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในวงจรต้องได้รับการปรับให้มีผลเปลี่ยนแปลงต่ออิมพีแดนซ์ของวงจรน้อยมาก) นี้คือเหตุผลของการที่จะต้องมีสวิตช์เอาไว้บนแท่นเครื่องของเครื่องแสดงภาพโทรทีศน์ส่วนมาก เพื่อจะได้ตัดต่อตัวต้านทางขนาด 75 โอห์มเข้ากับจุดต่อสัญญาณเข้าอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำศัพท์ว่าบริดจิง (beidging) นั้นจะใช้ในความหมายง่าย ๆ เพื่อแสดงว่าอุปกรณ์ชนิดหนึ่งสามารถที่จะต่อเข้ากับวงจรสัญญาภาพโทรทัศน์ได้ ในทุกกรณี การต่อลูปหรือบริดจิงนั้นจะต้องคงค่าอิมพีแดนซ์ที่ปลายวงจรสัญญาภาพไว้เสมอ สามารถทำเช่นนี้ได้ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.7 ในรูปนี้ขอให้สังเกตว่าสวิตซ์หมายเลข 3 (S3) เท่านั้นที่อยู่ในตำแหน่ง B ดังนั้นสัญญาณภาพที่ผ่านวงจรสวิตซ์หมายเลข 3 เท่านั้นที่จะไปปรากฏอยู่บนจอแสดงภาพ ส่วยวงจรที่รับสัญญาณภาพจากกล้องภาพโทรทัศน์อื่น ๆ ทั้งหมดจะต้องต่อกับตัวต้านทานที่ปลายสายของแต่ละวงจร สำหรับสวิตซ์ที่อยู่บนแท่นเครื่องของเครื่องแสดงภาพนั้นอยู่ในตำแหน่งที่ต่อกับอิมพีแดนซ์ 75 โอห์ม เนื่องจากสวิตซ์ต่าง ๆ มีการต่อเชื่อมโยงกันเอาไว้ภายใน ดังนั้นวงจรทุกวงจรจะมีตัวต้านทานต่อยู่ที่ปลายสาย ในตอนนี้อาจจะมีคำถามขึ้นมาว่า "ทำไมจะต้องเสียเวลาไปต่อปลายสายของวงจรที่ไม่ได้ใช้ดูภาพด้วย ?" ในกรณีง่าย ๆ นั้นไม่จำเป็นจะต้องทำเช่นนี้ก็ได้ อย่างไรก็ตามบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์เครื่องแสดงภาพโทรทัศน์จะให้ตัวต่อสุดปลายสายมาด้วยเสมอ เพื่อว่าจะได้ต่อสวิตซ์เพิ่มเติมสำหรับทำบริดจิงให้แก่เครื่องแสดงภาพอีกเครื่องหนึ่งถ้าหากว่าต้องการที่จะต่อวงจรของเครื่องแสดงภาพโทรทัศน์ดังกล่าวเพิ่มเข้ามา

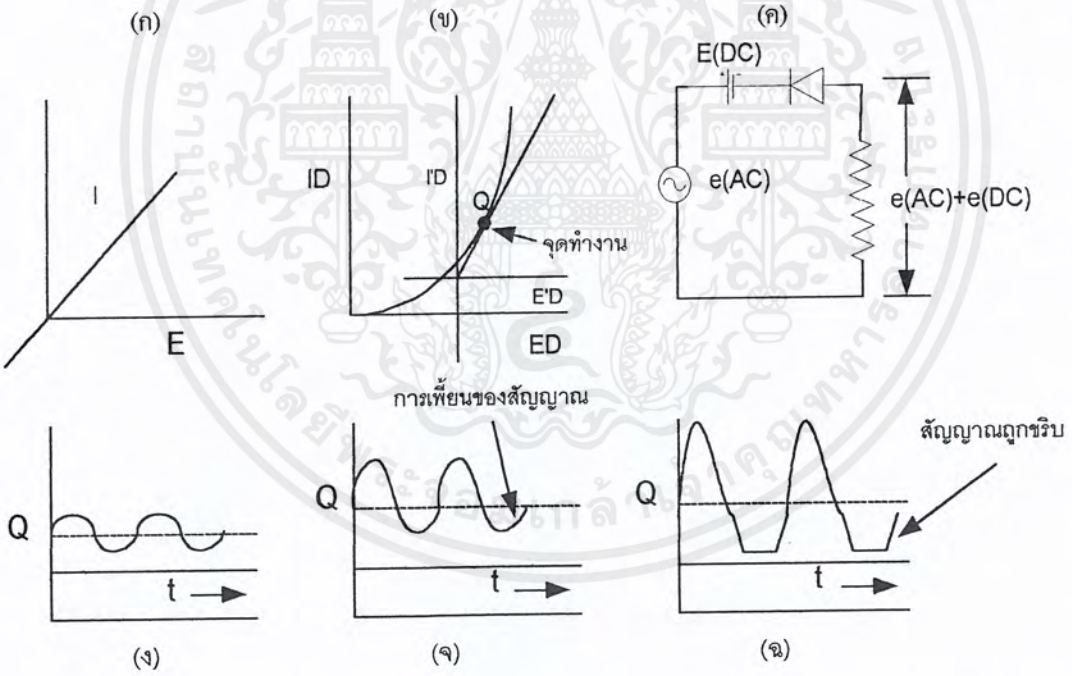
หลักการต่อลูปและบริดจิงของอุปกรณ์ตัดต่อภาพโทรทัศน์นั้นง่ายมากจนกระทั่งว่าคำอธิบายที่ยาวเกินไปจะทำให้กลักการนี้ดูยากกว่าที่ควร เมื่อระบบระวังภัยมีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น คือมีการใช้อุปกรณ์ตัดต่อภาพเพิ่มมากขึ้น จำเป็นจะต้องแสดงแผนภาพของระบบตัดต่อต่อภาพโทรทัศน์ดังที่แสดงเอาไว้ในรูปที่ 3.8 วิธีการแสดงการจัดวางอุปกรณ์ตัดต่อภาพแบบง่าย ๆ ในรูปนี้ได้ดัดแปลงมากจากระบบที่ใช้ในศูนย์ควบคุมยานอวกาศและสถานีถ่ายทอดโทรทัศน์ ตามปกติแล้วจะแสดงทิศทางการไหลของสัญญาณด้วยเส้นในแนวดิ่งและแสดงทิศทางการไหลของสัญญาณด้วยเส้นในแนวดิ่งและแสดงบริดจิงด้วยเส้นในแนวนอน ด้วยเหตุนี้เส้นทางการต่อลูป (ในแนวดิ่ง) จึงทำมุมฉากกับเส้นทางของบริดจิง



**รูปที่ 3.8** แผนภาพการตัดต่อสัญญาณโดยการต่อลูปและบริดจิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่าที่ผ่านมานี้ยังๆม่ได้กล่าวถึงความจำเป็นที่จะต้องใช้กรรมวิธีสัญญาณเลยต่อภาพแบบพาสซีฟชุดที่สามารถทั้งหมดนั้นทำหน้าที่แบบพาสซีฟ เป็นที่แน่นอนว่าอุปกร์ตัดต่อภาพแบบพาสซีฟชุดที่สามารถต่อเพิ่มเข้ากับวงจรได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้กรรมวิะสัญญาณเลยนั้นมีจำนวนจำกัด ในกรณีที่มีสายเคเบิลยาว ๆ ต่อยู่ระหว่าอุปกรณ์ตัดต่อภาพในสถานที่หลายแห่งต่าง ๆ กัน อาจจำเป็นต้องต่อแยกวงจรของอุปกรณ์ตัดต่อภาพในสถานที่หลายแห่งต่าง ๆ กัน อาจจำเป็นต้องต่อแยกวงจรของอุปกรณ์ตัดต่อภาพในสถานที่หลายแห่งต่าง ๆ กัน อาจจำเป็นต้องต่อแยกวงจรของอุปกรณ์ตัดต่อภาพ อาจจะต้องมีการขยายสัญญาณความถี่สูง และแยกวงจรที่ต่อปลายสายออกจากกัน สามารถทำสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้โดยไม่ต้องสูญเสียความยืดยุ่นหรือความสะดวกของระบบที่จะมีการดัดแปลงต่อไปในอนาคต ทั้งนี้ก็โดยการใช้อุปกรณ์สำหรับสัญญาณโทรทัศน์ซึ่งมีฝาหุ้มต่างหากและต่อเข้ากับวงจรสัญญาณภาพโดยใช้หัวต่อมาตรฐาน วิธีการจัดวางเครื่องอุปกรณ์จริง ๆ นั้นอาจจะทำในรูปของการวางเอาไว้เป็นชิ้น ๆ หรือจัดอุปกรณ์เข้าไว้กับแผงควบคุมหรือใช้วิธีแยกวางเอาไว้บนโต๊ะเป็นรายตัวไป ต่อจากนั้นหากว่าจะได้มีการเปลี่ยนแปลงสถานีตรวจรักษาความปลอดภัย ก็จะสามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยที่ผู้ปฏิบัตินั้นอาจจะไม่ต้องได้รับการฝึกมาเป็นอย่างดีก็ได้




**รูปที่ 3.9** หลักการตัดต่อสัญญาณโดยใช้ไดโอก (ก) เส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่าแรงดัน (ข) กับกระแส (I) ของตัวต้านทาน (กฎของโอห์ม) (ข) เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสของไดโอด ในช่วงแคบ ๆ อาจถือว่าความสัมพันธ์ $E_n - I_n$ เป็นแบบเชิงเส้นได้ (ค) วงจรอย่างง่ายสำหรับให้ไบแอสกระแสตรง คือ E (DC) กลับทิศทาง (ง)กระแสไอโอดขณะเมื่อมีสัญญาณกระแสสลับขนาดเล็กซ้อนอยู่บนกระแสตรง ตามสภาวะในรูป (ค) ระดับกระแสตรงมีค่าพอเหมาะแก่การตัดต่อสัญญาณ (จ)เมื่อสัญญาณกระแสสลับหรือสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรทัศน์มีขนาดใหญ่ขึ้น สัญญาณออกจะเริ่มมีการเพี้ยน (ฉ)เมื่อสัญญาณกระแสสลับหรือสัญญาณภาพโทรทัศน์มีขนาดใหญ่มาก สัญญาณออกจะเริ่มถูกขริบ

## 3.2 เทคนิคการตัดต่อภาพ

ในการให้บริการซ่อมบำรุงเครื่องอุปกรณ์การตัดต่อภาพโทรทัศน์นั้น ช่างเทคนิคควรจะมีความเข้าใจในวิธีการใช้งานเครื่องอุปกรณ์ดังกล่าวและควรจะค้นหาจุดซึ่งการตัดต่อวงจรได้เกิดขึ้นจริง ๆ คำศัพท์ว่าการตัดต่อวงจรหรือการตัดต่อภาพแบบโซลิดสเตต อย่างที่มีใช้ในข้อความสำหรับการโฆษณานั้นหมายความว่าได้มีการใช้ไอโอด (diode)หรือทรานซิสเตอร์ (Transistor) สำหรับปิดเปิดกระแสตรงหรือสัญญาณภาพโทรทัศน์ หรือเพื่อเปลี่ยนแปลงเส้นทางของกระแสและสัญญาณดังกล่าว

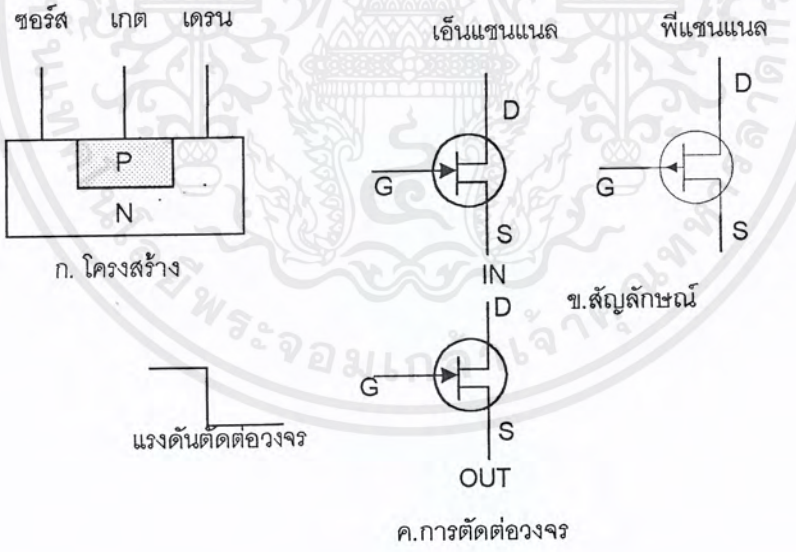
วิธีตัดต่อวงจรหรือตัดต่อภาพโทรทัศน์วิธีหนึ่งจะอาศัยไอโอด ในรูปที่ 3.9 ก. ได้แสงถึงผลของการแปรค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานตัวหนึ่ง เนื่องจากกระแสและแรงดันของตัวต้านทานนั้นเป็นไปตามกฎของโอห์ม (Ohm's law) จึงได้ผลออกมาเป็นกราฟเส้นตรง ในกรณีของไอโอดนั้นกระแสและแรงดันจะมีความสัมพันธ์ต่อกันเป็นแบบเส้นโคงโดยที่กระแสจะมีค่าเป็นศูนย์ในตำแหน่งที่มีการสลับขั้วของแรงดัน ถ้าเลือกจุด ๆ หนึ่งอย่างเช่นจุด Q บนเส้นโค้งในรูปที่ 3.9 ข. จะถือได้ว่าส่วนของเส้นโค้งในบริเวณแคบ ๆ รอบจุด Q นั้นเป็นเส้นตรงได้ รูปที่ 3.9 ค. แสดงถึงวงจรง่าย ๆ วงจรหนึ่งซึ่งมีทั้งกระแสสลับและกระแสตรงไหลผ่าน ถ้าจำกัดให้ส่วนประกอบกระแสสลับมีขนาดเล็กดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.9 ง. แล้ว ก็จะได้ส่วนประกอบกระแสสลับที่ไม่มีการผิดเพี้ยนปรากฏขึ้นในวงจร อย่างไรก็ตามถ้าหากเพิ่มขนาดของส่วนประกอบกระแสสลับให้สูงขึ้น ก็จะเริ่มมีการผิดเพี้ยนของรูปคลื่นดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.9 จ. เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสของไอโอดนั้น จะไม่เป็นแบบเชิงเส้นยกเว้นในบริเวณแคบ ๆ รอบจุดใดจุดหนึ่งบนเส้นโค้งความสัมพันธ์นี้เท่านั้น ถ้าหากว่าเพิ่มขนาดของแรงดันกระแสสลับให้สูงขึ้นไปอีก ก็จะพบว่ากระแสสลับนั้นถูกขริบ (Clipped) (โปรดดูรูปที่ 3.9 ฉ.) สาเหตุของเรื่องนี้ก็คือการที่กระแสของไอโอดจะไม่สามารถไหลในทิศทางย้อนกลับได้ ครานี้ถ้าหากว่าได้กลับทิศการไอแอสกระแสตรงเสีย ส่วนประกอบกระแสสลับจะไม่สามารถไหลผ่านไปได้เลย นี่คือวิธีที่ใช้ในการตัดสัญญาณกระแสสลับหรือสัญญาณภาพโทรทัศน์ออกไปจากวงจรได้

นิยมใช้ไอโอดชนิดซิลิคอนในการตัดต่อวงจรหรือตัดต่อภาพโทรทัศน์ ส่วนแรงดันกระแสตรงที่ใช้เป็นไบแอสนั้น สามารถทำได้โดยใช้รูปคลื่นจัตุรัส อัตราเร็วในการตัดต่อภาพนี้อาจจะทำให้สูงมาก ๆ ได้และการตัดต่อภาพนั้นจะกระทำในระหว่างเฟรมภาพหรือจุดใด ๆ ตลอดช่วงที่มีการซิงโครไนซ์ ถ้าหากได้มีการเลือกใช้ไดโอดที่เหมาะสมแล้ว สัญญาณภาพโทรทัศน์ที่มีความแรงเพียง 1 โวลต์ก็แทบจะไม่มีความผิดเพี้ยนเลย ด้วยเหตุนี้จึงนิยมใช้วิธีการตัดต่อภาพโดยอาศัยไอโอดมากกว่าวิธีอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตซ์ได้เช่นเดียวกัน ในกรณีนี้เทคนิคที่ใช้ก็เป็นเช่นเดียวกับในกรณีของไอโอด นั่นก็คือว่าจะมีการตัดสัญญาณออกไปได้เมื่อเบสของทรานซิสเตอร์นั้นมีแรงดันที่ทำให้เกิดการคัตออฟ (cut off) เบสของทรานซิสเตอร์อาจจะถูกขับให้มีแรงดันต่ำกว่าคัตออฟได้โดยใช้สัญญาณปิดเปิดวงจร สัญญาณที่ต้องการตัดออกไปนี้จะซ้อนอยู่บนสัญญษณปิดเปิดวงจรหรือสัญญาณไบแอส สามารถใช้ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า (เฟต = FET) เป็นสวิตซ์ตัดต่อวงจรได้เช่นเดียวกัน

ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้านั้นทำจากชิ้นผลึกซิลิคอนชนิดเอ็น (N-type silicon) ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.10 ก. กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านชิ้นซิลิคอนได้ในทั้งสองทิศทาง ความต้านทานกระแสตรงของชิ้นผลึกมีค่าหลายร้อนโอห์ม โดยการเติมสารเจือปนชนิดพี (p-type oimpurity) ลงที่ส่วนบนของชิ้นผลึก ทำให้เกิดเป็นรอยต่อพีเอ็น (P-N junction) ขึ้น สามารถจำกัดกระแสที่ไหลผ่านชิ้นผลึกได้โดยทำให้รอยต่อพีเอ็นนั้นมีไบแอสกลับทาง (reverse-biased) เมื่อให้ทางด้านพีของรอยต่อมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบและให้ทางด้านเอ็นของรอยต่อมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก พาหะนำกระแสจะถูกดึงออกจากบริเวณรอยต่อ ทำให้เกิดเป็นบริเวณที่ไม่มีพาหะนำประจุ และกระแสจะไม่สามารถผ่านไปได้ เมื่อให้ศักย์ไฟฟ้าทางด้านสารพีอันมีชื่อเรียกว่า “เกต (gate)” นี้มีค่าเป็นลบมากขึ้น อิเล็กตรอนที่เป็น




**รูปที่ 3.10** การตัดต่อวงจรโดยใช้ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า

พาหะนำประจุจะถูกดึงออกห่างจากรอยต่อมากขึ้น ทำให้ช่องนำกระแสในชิ้นผลึกหดแคบลงจนกระทั่งถึงแรงดัน “พินช์ออฟ (pinch-off)” ซึ่งเป็นตอนที่กระแสไหลผ่านชิ้นผลึกไปได้น้อยยิ่ง รูปที่ 3.10 ข. แสดงสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าแบบเอ็นแชนเนล (N-channel) ปลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแชนเนลหรือช่องนำกระแสในชิ้นผลึกด้านที่พาหะนำประจุลบถูกป้อนเข้าไปนั้นมีชื่อเรียกว่า ซอร์ส (sowrce) ซึ่งเทียบได้กับแคโทด (cathode) ของหลอดสุญญากาศ] ส่วนทางด้านที่รวบรวมพาหนะนำกระแสนั้นมีชื่อเรียกว่า เดรน (drain)

การตัดต่อวงจรโดยใช้ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้านั้นทำได้โดยให้กระแสไหลผ่านซอร์สและเดรน และใช้กระแสสำหรับการปิดเปิดกระทำต่อเกตดังที่แสดงไว้ในรูป 2-10 ค. ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าที่ใช้เป็นสวิตช์นี้มีลักษณะบางประการซึ่งเป็นผลดีสำหรับการใช้งานบางอย่าง วงจรเกตของทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้ามีค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านเข้าสูง จึงไม่ดึงกระแสจากวงจรสร้างสัญญาณตัดต่อมากนัก ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าอาจจะทำเป็นแบบพีเอ็นพี (PNP) หรือเอ็นพีเอ็น (NPN) ก็ได้ ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าแบบพีเอ็นพีจะทำหน้าที่คล้าย ๆ กับหลอดสุญญากาศ กล่าวคือเกตจะรับกระแสเมื่อมีแรงดันค่าบวกมากระทำแต่จะไม่นำกระแสเมื่อมีแรงดันค่าลบมากระทำ ลักษณะการทำงานของทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าแบบนี้คล้ายกันกับของหลอดสุญญากาศ ส่วนทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าแบบเอ็นอีเอ็นนั้นจะไม่นำกระแสเมื่อมีแรงดันค่าบวกมากระทำต่อเกต (gate) แต่ลักษณะการทำงานของมันก็คล้ายกันกับของทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าแบบพีเอ็นพี

### 3.3 การตัดต่อภาพเป็นลำดับ

สถานที่ติดตั้งระบบโทรทัศน์วงจรปิดหลายแห่งเช่นในโรงพยาบาล, ในโรงงานอุตสาหกรรม, และในสถานที่ที่มีการรักษาความปลอดภัยนั้น จะต้องการใช้เครื่องแสดงภาพโทรทัศน์เพียงเครื่องเดียวกับกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์หลาย ๆ เครื่อง ในการนี้จะมีการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่าเครื่อง "เลือกและแสดงสัญญาณภาพเป็นลำดับ" ซึ่งจะทำให้สัญญาณจากกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์หลาย ๆ กล้องที่อยู่ห่างออกไปถูกแสดงบนเครื่องแสดงภาพสลับกันไปเป็นลำดับ ทั้งนี้โดยผู้เฝ้าดูสภาพสามารถจัดช่วงเวลาการแสดงได้ เครื่องตัดต่อภาพเป็นลำดับนี้ทำให้สามารถประหยัดแรงคนได้เพราะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการเฝ้าตรวจให้แก่ระบบโทรทัศน์วงจรปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้อ้างอิงในการออกแบบวงจรเครื่องเลือกและจัดลำดับสัญญาณภาพ

## 4.1 การใช้งานไอซีไทม์เมอร์ 555

### 4.1.1 โครงสร้างภายนอก

ไอซีไทม์เมอร์ 555 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในงานอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะการนำมาต่อเป็นวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ เช่น วงจรโมโนสเตเบิล อะสเตเบิล และวงจรสร้างสัญญาณกวาด เป็นต้น ลักษณะภายนอกของไอซี 555 จะมีขาทั้งหมด 8 ขา โดยแต่ละขาจะมีหน้าที่ดังนี้คือ

1. ขากราวนด์ (Ground) เป็นต่อจุดกราวนด์ของวงจรภายในและภายนอก

2. ขาจุดชนวน (Trigger) ทำหน้าที่จะชนวนให้ไอซี 555 อยู่ในสภาวะ "ON" เมื่อมีสัญญาณจุดชนวนแรงดันลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$

3.ขาเอาต์พุต (Output) เป็นเอาต์พุตของไอซี 555 ที่ต่อไปยังโหลดภายนอกมี 2 สภาวะ คือเมื่อมีสัญญาณเข้าที่ขารีเซต

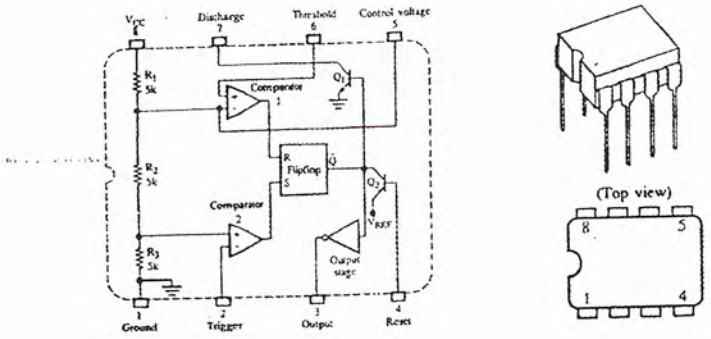
4. ขารีเซต (Reset) ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาวะปัจจุบันของไอซี 555 ให้เป็นสภาวะ "OFF" เมื่อมีสัญญาณเข้าที่ขารีเซต

5. ขาแรงดันควบคุม (Control Voltage) จะต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันภายนอกเพื่อควบคุมไอซี 555 ให้ทำงานที่ค่าแรงดันมากกว่า 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ และ 2 ใน 3 ของ $U_{cc}$

6. ขาแรงดันที่เริ่มเปลี่ยน (Threshold Voltage) ถ้าแรงดันที่ขานี้มีค่ามากกว่า 2 ใน 3 ของ $U_{cc}$ จะทำให้ไอซี 555 อยู่ในสภาวะ "OFF" และถ้าแรงดันที่ขานี้มีค่าน้อยกว่า 2 ใน 3 ของ $U_{cc}$ จะทำให้ไอซี 55 อยู่ใน สภาวะ "ON"

7. ขาคายประจุ (Discharge) มักจะต่อกับตัวเก็บประจุภายนอก เพื่อให้ตัวเก็บประจะคายประจุผ่านทรานซิสเตอร์ $Q_1$ ขณะที่ $Q_1$ อยู่ในสภาวะ "ON"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 4.1 วงจรภายในของไอซี 555

จากรูปที่ 4.1 วงจรภายในของไอซี 555 จะประกอบด้วยวงจรเปรียบเทียง (Comparatoe) วงจรฟลิปฟลอปและมีตัวต้านทาน $R_1$ , $R_2$ , $R_3$ ที่เท่ากันต่ออนุกรมระหว่างขา 8 และขา 1 ทำให้แรงดันตกครอมตัวต้านทางแต่ละตัวมีเท่ากัน 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ดังนั้นแรงดันที่ขาบวกของวงจรเปรียบเทียบที่ 2 มีค่าเท่ากัน 1 ใน 3 $U_{cc}$ และแรงดันที่ขาลบของวงจรเปรียบเทียบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 2 ใน 3 ของ $U_{cc}$ เมื่อเทียบกับกราวนด์เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบทั้งสองจะเป็นอินพุตของวงจรฟลิปฟลอปส่วนเอาต์พุตของวงจรฟลิปฟลอปจะต่อกับขา 3 โดยผ่านวงจรกลับสัญญาณ (Not gate) เมื่อเอาต์พุตของวงจรฟลิปฟลอปมีระดับแรงดันสูงจะทำให้ทรานซิสเตอร์ $Q_1$ อยู่ในสภาวะ "ON" และ $Q_1$ จะเป็นทางให้วงจรภายนอกที่ต่อกับขา 7 คายประจุผ่าน

วงจรเปรียบเทียบภายในตัวไอซี 555 จะทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันระหว่างขาบวกและขาลบของออปแอมป์ แล้วให้เอาต์พุตออกมาโดยเมื่อแรงดันที่ขาบวกมากกว่าที่ขาลบออปแอมป์จะอิ่มตัวทางด้านบวก แรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็น $+U_{cc}$ และถ้าแรงค้นที่ขาบวกน้อยบกว่าที่ขาลบออปแอมป์จะอิ่มตัวทางด้านลบแรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็น $-U_{cc}$

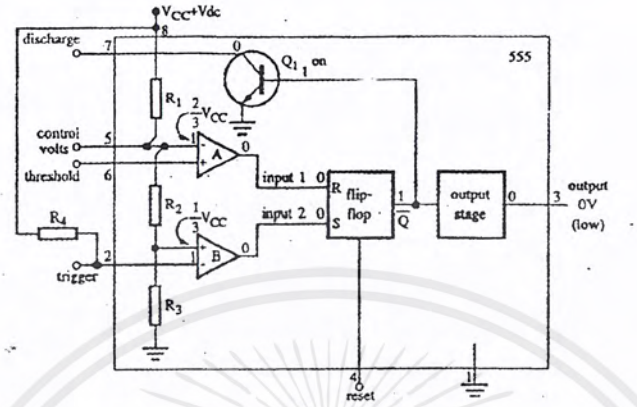
สำหรับวงจรฟลิบฟลอปในตัวไอซี 555 จะเป็นแบบ RS ฟลิปฟลอป ซึ่งเมื่อมีสัญญาณอินพุตมาเซตที่ขา S จะทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าสูง (ระดับ 1) แรงดันเอาต์พุตจะอยู่ในระดับจนกระทั่งมีสัญญาณอินพุตมารีเซตที่ขา R จึงจะทำให้แรงดันเอาต์พุตที่มีค่าต่ำ (ระดับ 0) และจะอยู่ในระดับต่ำจนกว่าจะมีสัญญาณอินพุตมาเซตที่ขา S อีกครั้ง การทำงานงานของวงจรก็จะหมุนเวียนเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

**4.1.2 การทำงานของไอซี 555**

วงจรดังรูปที่ 4.9 แสดงการทำงานของไอซี 555 ในสภาวะสงบ (Quiescent) โดยขา 2 จะต่อกับแหล่งจ่ายแรงดัน $U_{cc}$ ผ่าน R4 ขณะนี้ไม่มีแรงดันจุดชนวนที่ขา 2 วงจรเปรียบเทียบ 1 มีแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 0 เพราะว่าแรงดันที่ขาลบมากกว่าที่ขาบวก ($2\ U_{cc} > OV$) และวงจรเปรียบเทียบ 2 มีแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 0 เช่นกัน เพราะว่าแรงดันที่ขาลบมีค่ามากกว่าขาบวก (Ucc > 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$) โดยแรงดันที่ขาลบมีค่าประมาณ $U_{cc}$ จะเห็นว่าเวลานี้แรงดันคอินพุตของฟลิปฟลอปจะทำให้

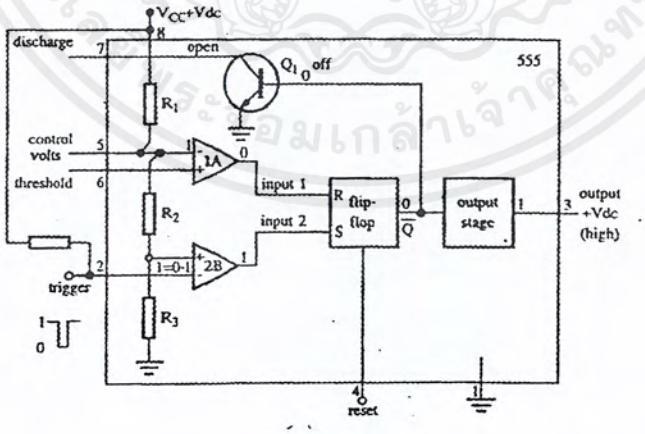
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ $Q_1$ อยู่ "ON" และแรงดันเอาต์พุตของวงจรฟลิปฟลอปยังเป็นอินพุตของวงจรภาคเอาต์พุต (Output stage) โดยวงจรภาคเอาต์พุตจะทำการกลับสัญญาณอินพุต (Inverting) ให้เป็นสัญญาณตรงข้ามกับอินพุต ดังนั้นไอซี 555 จะให้เอาต์พุตเป็น 0




**รูปที่ 4.2** แสดงการทำงานของไอซี 555

วงจรดังรูปที่ 4.3 แสดงการทำงานของไอซี 555 ในสภาวะ "ON" ที่ขา 2 จะมีสัญญาณจุดชนวนแรงดันลบขนาดน้อยกว่า 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ดังนั้นแรงดันที่ขาบวกมากกว่าที่ขาลบ วงจรเปรียบเทียบ 2 ให้เอาต์พุตเป็น 1 ในขณะที่สัญญาณอินพุตของวงจรเปรียบเทียบไม่เปลี่ยนแปลงจึงทำให้เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ 1 เป็น 0 เมื่อขา S ของวงจรฟลิปฟลอปจะทำให้ $Q_1$ อยู่ในสภาวะ "OFF" และแรงดันเอาต์พุตของฟลิปฟลอป เมื่อเป็นอินพุตของภาคเอาต์พุตจำทำให้ไอซี 555 ให้เอาต์พุตเป็น1

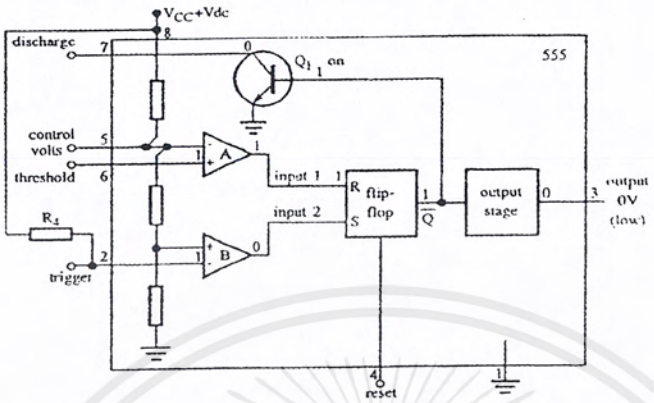



**รูปที่ 4.3** แสดงการทำงานของไอซี 555 ในภาวะ "ON"

วงจรดังรูปที่ 4.4 แสดงการทำงานของไอซี 555 ในสภาวะ "OFF" ที่ขา 6 จะมีสัญญาณจุดชนวนแรงดันบวกที่มีขนาดมากว่า 2 $U_{cc}$ ทำให้วงจรเปรียบเทียบ 1 มีแรงดันที่ขาบวกมากกว่าที่จะลบ

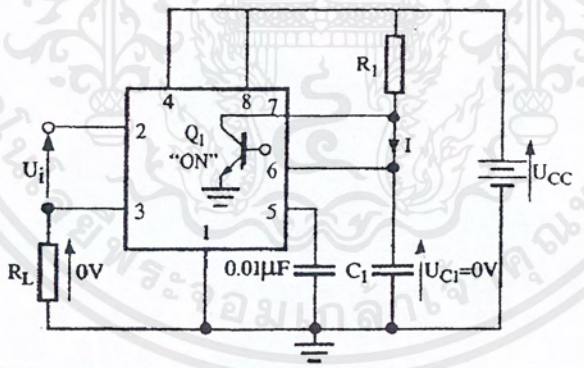
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเอาต์พุตของวงจรมีค่าเป็น1 ในขณะที่วงจรเปรียบเทียบ 2 ไม่มีสัญญาณจุดชนวนที่ขา 2 จึงทำให้แรงดันที่ขาลบมากกว่าที่ขาบวก ($U_{cc}$ > 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ) ดังนั้นเอาต์พุตเป็น 0 ผลของเอาต์พุตจะทำให้ไอซี 555 มีค่าเป็น 0 ที่ขา 3




**รูปที่ 4.4** แสดงการทำของไอซี 555 ในสภาวะ "OFF"

### 4.1.3 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์




**รูปที่ 4.5** วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรโมโนสเตเบิลที่ใช้ไอซี 555 แสดงดังรูปที่ 4.5 อินพุตของวงจรคือขา 2 เมื่อเทียบกับขา 1 ส่วนเอาต์พุตคือขา 3 โดยต่ออยู่กับตัวต้านทาน $R_L$ ค่าความกว้างของพัลส์ขึ้นกับ $R_1$ และ $C_1$ สำหรับขา 5 ของไอซี 555 ต่อกับตัวประจุขนาด 0.01 uF เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน (Noise) การทำงานของวงจรพออธิบายได้ดังนี้

ช่วงเวลา t0 ถึง $t_1$ ไม่มีสัญญาณจุดชนวนที่ขา 2 ทำให้ไอซี 555 อยู่ในสภาวะสงบ แรงดันที่ขา 3 มีค่าเป็น 0 ที่เป็น 0 ที่ขา 7 จะอยู่กับกราวนด์ เนื่องจาก $Q_1$ อยู่ในสภาวะ "ON" ดังนั้นแรงดัน $U_{c1}$ = 0

ที่เวลา $t_1$ ที่ขา 2 มีสัญญาณจุชนวนแรงดันลบที่มีขนาดน้อยกว่า 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ทำให้ไอซี 555 เปลี่ยนจากสภาวะสงบไปเป็นสภาวะ "ON" แรงดันเอาต์พุตที่ขา 3 มีค่าเป็น 1 ที่ขา 7 จะไม่ต่อกับกราวนด์ เนื่องจาก $Q_1$ อยู่ในสภาวะ "OFF" ทำให้ตัวเก็บประจุ $C_1$ เริ่มสะสมประจุจากค่าแรงดัน O V ไปยังค่า $U_{cc}$ โดยมีค่าคงตัวเวลาเท่ากับ $R_1C_1$

เมื่อถึงเวลา $t_2$ ตัวเก็บประจุ $C_1$ มีแรงดันเท่ากับ 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ โดยแรงดันค่านี้จะปรากฏที่ขา 6 ด้วย จึงทำให้ไอซี 555 เปลี่ยนสภาวะจาก "ON" ไปเป็นสภาวะ "OFF" แรงดัน เอาต์พุตที่ขา 3 มีค่าเป็น 0 อีกครั้ง ส่วนที่ขา 7 จะต่ออยู่กับกราวนด์อีกครั้ง ($Q_1$ "OFF") ตัวเก็บประจุ $C_1$ เริ่มคายประจุผ่านรอยต่อ CE ของทรานซิสเตอร์ $Q_1$ ช่วยความกว้างของพัลส์ $t_p$ ของวงจรขึ้นกับการสะสมประจุ C1 ดังนั้นช่วงความกว้างของพัลส์ $t_p$ หาได้จากสมการสะสมประจุคือ

$$uc = U_i - U_I\ \varepsilon^{(-t/T)}$$

$$(2/3)U_{cc} = U_{cc} - U_{cc}\ \varepsilon^{(-t/T)}$$

$$t_p = 1.1\ R_1C_1 \quad (sec)$$

สำหรับการออกแบบวงจรโมโนสเตเบิล พิจารณาได้ดังนี้

1. หาค่า $R_1$ เมื่อไอซี 555 อยู่ในสภาวะ "ON" ตัวเก็บประจุ $C_1$สะสมประจุจนมีค่า 2 ใน 3 ของ $U_{cc}$

ดังนั้นแรงดันตกคร่อม $R_1$ คือ

$$U_{R1} = U_{cc} - (2/3)U_{cc}$$

$$U_{R1} = (1 - (2/3))\,U_{cc} = (1/3)U_{cc}$$

จากกฎของโอห์ม

$$R_1 = U_{R1}/I_1 \qquad \text{.....(1)}$$

$$I_1 = I_c + I_{th}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่กระแส $I_{th}$ มีค่าน้อยมาก ดังนั้นประมาณได้ว่า

$$I_1 = I_c$$

เมื่อแรงดัน $U_{c1} = (2/3)U_{cc}$ กระแส $I_c$ จะมีค่าต่ำสุดคือ $I_c$ จะมีค่าต่ำสุดคือ $I_c$ (min) ดังนั้น จากสมการที่ 1 จะได้

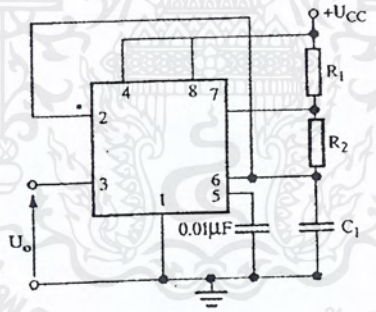
$$R1 = U_{cc}/3I_c(min) \qquad \text{.....(2)}$$

ในการออกแบบวงจรควรเลือกค่ากระแส $I_c$ (min) ให้มากกว่า $I_{th}$ มาก ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าตัวเก็บประจุมีแระแสเพียงพอในการสะสมประจุ

2. หาค่า C1 จากสมการ

$$C_1 = t_p/I_1R_1 \qquad \text{.....(3)}$$

### 4.1.4 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์




**รูปที่ 4.6** วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วงรูปที่ 4.6 เป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555 ขาอินพุตคือขา 2 ต่อร่วมกับขา 6 โดยตรง วงจรไม่ต้องการสัญญาณจุดชนวนจากภายนอกในการเปลี่ยนสภาวะแต่ละครั้งการเปลี่ยนสภาวะของวงจรขึ้นกับการสะสมประจุและคายประจุของ $C_1$ โดยตัวเก็บประจุ $C_1$ สะสมประจุผ่านทาง $R_1$, $R_2$ และคายประจุผ่านทาง $R_2$ ลงกราวนด์ที่ขา 7 การทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้

ที่เวลา $t_0$ ไอซี 555 อยู่ในสภาวะ "ON" ตัวเก็บประจุ $C_1$ เริ่มสะสมประจุผ่านทาง $R_1$ , $R_2$ โดยเริ่มจากค่าแรงดัน 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ไปยัง $U_{cc}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เวลา $t_1$ ตัวเก็บประจุได้แรงดัน 2 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ทำให้ขา 6 ได้รับแรงดันขนาด 2 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ไอซี 555 เปลี่ยนสภาวะจาก "ON" เป็น "OFF" แรงดันเอาต์พุตที่ขา 3 มีค่าเป็น 0 และที่ขา 7 ของไอซี 555 จะต่อกับกราวนด์ ตัวเก็บประจุ $C_1$ เริ่มคายประจุผ่านทาง $R_2$ และลงกราวนด์ที่ขา 7 โดยคายจากแรงดัน 2 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ไปยังแรงดัน O V

ที่เวลา $t_2$ ตัวเก็บประจุ $C_1$ คายประจุจนมีแรงดันเท่ากับ 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ทำให้ขา 2 ได้รับแรงดันขนาด 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ไอซี 555 เปลี่ยนสภาวะจาก "OFF" เป็น "ON" แรงดันเอาต์พุตที่ขา 3 มีค่าเป็น 1 อีกครั้ง และ

ที่ขา 7 ของไอซี 555 จะเปิดวงจร (ไม่ต่อกับกราวนด์) ทำให้ตัวเก็บประจุ $C_1$ เริ่มสะสมประจุใหม่อีกครั้ง โดยเริ่มสะสมประจุจากค่าแรงดัน 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ การทำงานช่วงนี้จะเหมือนกับช่วงเวลา t 0 แล้วการทำงานของวงจรก็จะหมุนเวียนเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

คาบเวลา T ของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555 พิจารณาได้ดังนี้

$$T = t_c + t_D$$

เมื่อ $t_c$ คือ ช่วงเวลาสะสมประจุของ $C_1$

$t_D$ คือ ช่วงเวลาคายประจุของ $C_1$

สำหรับช่วงเวลา $t_c$ หาได้จากสมการสะสมประจุ

$$U_c = U - (U - U_0)\ \varepsilon^{(-t/T)} \qquad \text{.....(1)}$$

ตัวเก็บประจุ $C_1$ เริ่มสะสมประจุ จากค่า 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ แต่ที่เวลา $t_c$ แรงดันตกคร่อม C1 มีค่าเป็น 2 ใน 3 ของ $U_{cc}$ เราสามารถแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ 1

$$(2/3)U_{cc} = U_{cc} - (U_{cc} - U_{\infty})\ \varepsilon^{-(tc/(R1+R2)C1)} \qquad \text{.....(2)}$$

สมการที่ 2 จัดรูปให้ง่ายเพื่อหาค่า $t_c$ จะได้

$$t_c = 0.693\ (R_1+R_2)C_1 \qquad \text{sec} \qquad \text{.....(3)}$$

ส่วนช่วงเวลา $t_D$ หาได้จากสมการคายประจุ

$$u_c = U\varepsilon^{-(t/T)} \qquad \text{.....(4)}$$

ตัวเก็บประจุ C1 เริ่มคายประจุจากค่า 2 ใน 3 ของ $U_{cc}$ ไปยังค่า 0 แต่ที่เวลา $t_D$ แรงดันตกคร่อม $C_1$ มีค่าเป็น 1 ใน 3 ของ $U_{cc}$ แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ 4 จะได้

$$(1/3)U_{cc} = (2/3)U_{cc}\ \varepsilon^{-(td/(R2C1))} \qquad \text{.....(5)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ ที่ 5 จัดรูปให้ง่ายเพื่อหาค่า $t_D$ จะได้

$t_D = 0.693\ R_2C_1$ sec .....(6)

ดังนั้นคาบเวลา T ของวงจรมีค่าเท่ากับ

$T = 0.693\ (R_1+R_2) + 0.693\ R_2C_1$

$= 0.693\ C_1(R_1+ R_2 + R_3)$

$= 0.693\ (R_1 + 2R_2)C_1$ sec .....(7)

และความถี่ f ของวงจรมีค่าเท่ากับ

$f = (1/T) = 1/0.693(R_1+2R_2)C_1$

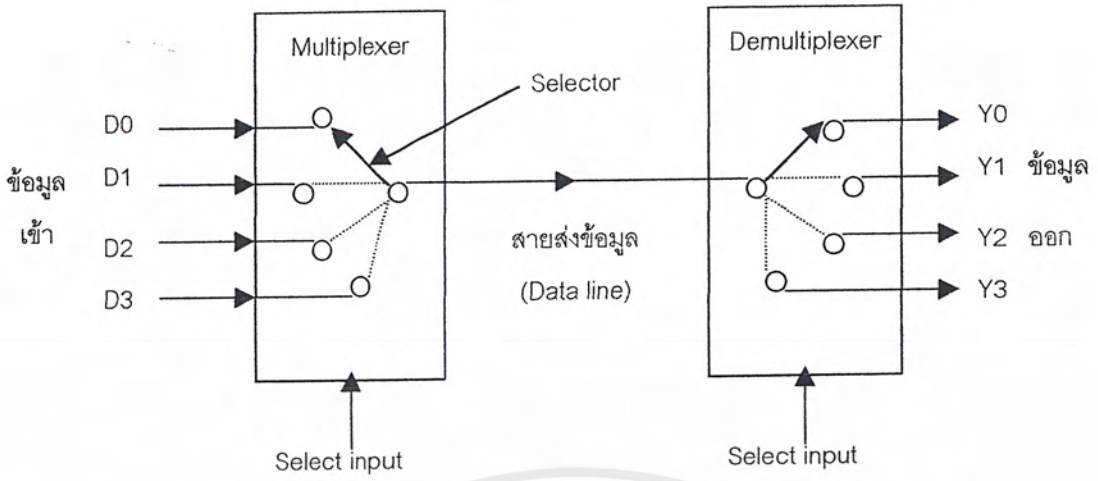
$f = (1.45/(R_1+2R_2)C_1)Hz$ .....(8)

ในการออกแบบวงจรควรเลือกกระแส $I_c(min)$ ให้มากกว่า $I_{trig}$ และ $I_{th}$ เพื่อให้มั่นใจว่าตัวเก็บประจุ $C_1$ มีกระแสเพียงพอในการสะสมประจุ

## 4.2 มัลติเพล็กเซอร์และดีมัลติเพล็กเซอร์ (MULTIPLEXER AND DEMULTIPLEXER)

มัลติเพล็กเซอร์ (Multiplexer) และดีมัลติเพล็กเซอร์ (Demultiplexer) มีประโยชน์เป็นอย่างมากในการส่งและรับข้อมูลหรือสัญญาณ โดยอาศัยการเกิดความเฉื่อย ของ หู ตา เป็นต้น มัลติเพล็กเซอร์และดีมัลติเพล็กเซอร์จะใช้คู่กันและสัมพันธ์กันเสมอ กล่าวคือมัลติเพล็กเซอร์เป็นตัวรับข้อมูลเข้า (input) จากหลาย ๆ อินพุตหรือหลายสายแล้วส่งออกเป็นข้อมูล 1 เอาต์พุต หรือ 1 สาย ส่งไปยังปลายทางที่มีดีมัลติเพล็กเซอร์เป็นตัวรับข้อมูลจาก 1 สายแล้ว เปลี่ยนเป็นข้อมูลเอาต์พุตหลาย ๆ เอาต์พุตโดยอาศัยส่วนควบคุม (control) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ป้อนเข้าที่ select input บล็อกไดอะแกรมการทำงานของมัลติเพล็กเซอร์และดีมัลติเพล็กเซอร์ แสดงดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

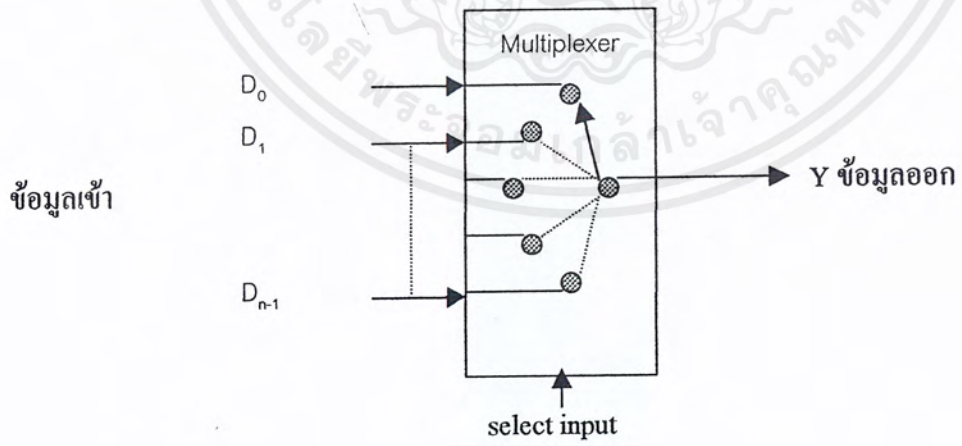



**รูปที่ 4.7** แสดงบล็อคไดอะแกรมการทำงานของมัลติเพล็กเซอร์และดีมัลติเพล็กเซอร์

จากรูปที่ 4.7 selector จะถูกควบคุมให้ปัดขึ้น-ลง อยู่ตลอดเวลาด้วยความเร็วสูงจนเราไม่รู้สึกว่าขณะที่ selector ต่ออยู่กับจุดหนึ่ง อีก 3 จุดจะไม่ได้ต่อถึงกัน

### 4.2.1 มัลติเพล็กเซอร์ (Multiplexer)

มัลติเพล็กเซอร์ (Multiplexer) เป็นอุปกรณ์เลือกข้อมูล (Data selector) ซึ่งเป็นวงจรลอจิกที่มีหลายอินพุต แต่มีเพียงเอาต์พุตเดียวโดยมี select input ทำหน้าที่ควบคุมข้อมูลที่อินพุตแล้วส่งมายังเอาต์พุต ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง บล็อคไดอะแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 4.8




**รูป 4.8** แสดงบล็อคไดอะแกรมของมัลติเพล็กเซอร์

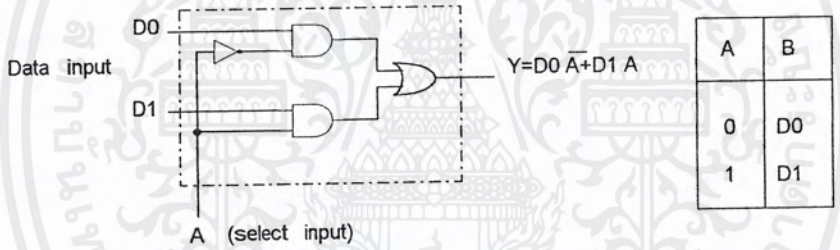
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.8 แสดงบล็อคไดอะแกรมการทำงานของมัลติเพล็กเซอร์ จะเห็นว่า select ของมัลติเพล็กเซอร์มีการทำงานเหมือนกับสวิตซ์หลายตำแหน่งที่ใช้ควบคุมการทำงานทางดิจิตอล กล่าวคือ เมื่อป้อนข้อมูลที่เป็นรหัสดิจิตอลเข้าที่ Select input สวิตซ์จะควบคุมหรือเลือกข้อมูลจากอินพุตนี้เพียงอินพุตเดียวแล้วส่งออกไปยังเอาต์พุต เช่นที่เวลา t1 เอาต์พุต Y จะมีค่าเท่ากับข้อมูลที่อินพุต D0 หรือในอีกเวลาหนึ่งที่ t2 เอาต์พุต Y จะมีค่าเท่ากับข้อมูลที่อินพุต D1 เป็นต้น การที่มัลติเพล็กเซอร์ทำการเลือกข้อมูลจาก 1 อินพุตในจำนวน N ข้อมูล (N อินพุต) จากนั้นจึงเคลื่อนย้ายข้อมูลที่เลือกไปยังเอาต์พุตเราเรียกวิธีการนี้ว่า การมัลติเพล็กเซอร์

การมัลติเพล็กเซอร์มีหลายแบบขึ้นกับจำนวนของอินพุต เช่น มัลติเพล็กเซอร์แบบ 2 อินพุต มัลติเพล็กเซอร์แบบ 4 อินพุต มัลติเพล็กเซอร์แบบ 8 อินพุตและมัลติเพล็กเซอร์แบบ 16 อินพุต เป็นต้น

**4.2.1.1 มัลติเพล็กเซอร์แบบ 2 อินพุต (2-input Multiplexer)**

มัลติเพล็กเซอร์แบบ 2 อินพุตนี้ สามารถแสดงเป็นวงจรและตารางการทำงานได้ดังรูปที่ 4.9




**รูปที่ 4.9** แสดงวงจรและตารางการทำงานของมัลติเพล็กเซอร์ 2 อินพุต

จากรูปที่ 4.9 แสดงวงจรมัลติเพล็กเซอร์ 2 อินพุตที่มีข้อมูลอินพุต $D_0$ และ $D_1$ มี select input (A) ระดับลอจิก "0" หรือ "1" ที่ป้อนให้กับ A เป็นตัวเลือกข้อมูลที่อินพุต เพื่อส่งไปยัง AND เกตผ่านไปยัง OR เกตแล้วให้เอาต์พุต Y ที่สอดคล้องกับข้อมูลที่ป้อนเข้าที่ขา A พิจารณาได้ดังนี้

จากรูปที่ 4.9 สมการบูลีนของเอาต์พุต Y จะได้เป็น

$$Y = D_0\bar{A} + D_1A$$

ในกรณีที่ A=0 จะได้สมการว่า

$$Y = D_0.1 + D_1.0 = D$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

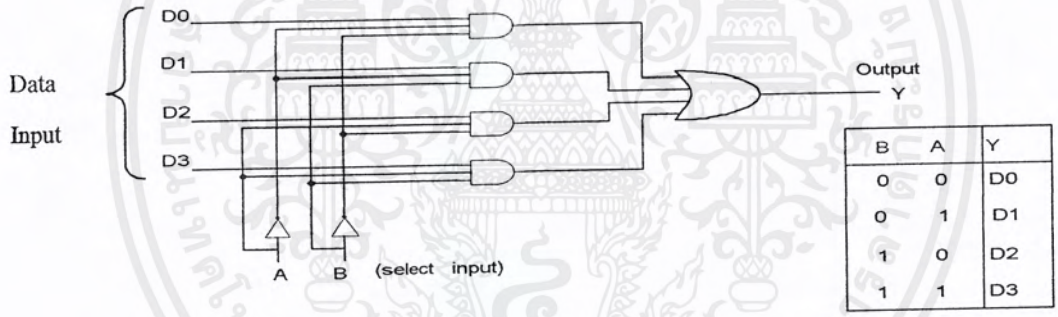
ในกรณีที่ A=1 จะได้สมการว่า

$$Y = D_0.0 + D_1.1 = D_1$$

ดังนั้น เมื่อนำไปเขียนเป็นตารางการทำงานของมัลติเพล็กเซอร์แบบ 2 อินพุตจะได้ดังตารางในรูปที่ 4.9

**4.2.1.2 มัลติเพล็กเซอร์แบบ 4 อินพุต (4-input Multiplexer)**

มัลติเพล็กเซอร์แบบ 4 อินพุต คือ $D_0$, $D_1$, $D_2$ และ $D_3$ จะต้องมี select input อยู่ 2 สาย คือ B และ A เนื่องจากการเลือกอินพุต 1 ใน 4 อินพุตต้องเปลี่ยนเงื่อนไขกรณีใดกรณีหนึ่งใน 4 กรณีซึ่งสอดคล้องกับการจัดกลุ่มของ Select input B และ A วงจรมัลติเพล็กเซอร์แบบ 4 อินพุต และตารางการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.10 (ก) และ (ข) ตามลำดับ




| B | A | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | D0 |
| 0 | 1 | D1 |
| 1 | 0 | D2 |
| 1 | 1 | D3 |

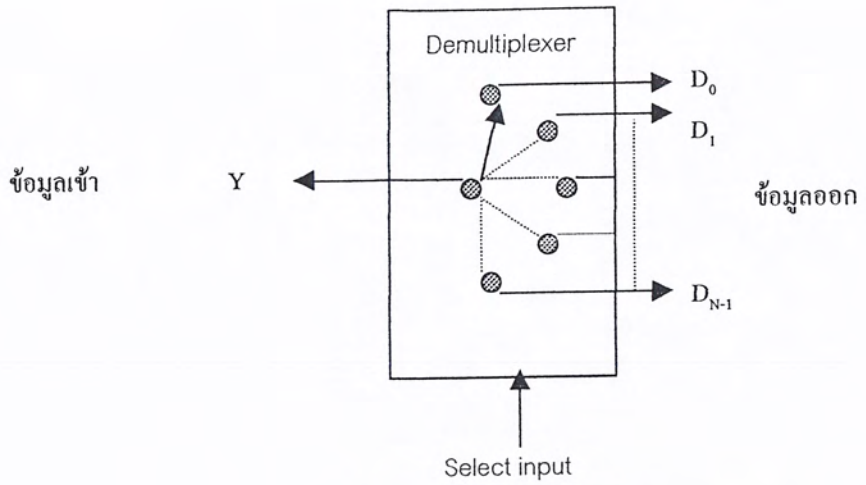
**รูปที่ 4.10** แสดงวงจรและตารางการทำงานของมัลติเพล็กเซอร์แบบ 4 อินพุต

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าข้อมูลป้อนเข้าที่อินพุต $D_0$, $D_1$, $D_2$, และ $D_3$ ผ่านเข้ามายัง AND เกตแต่ละตัว ดังนั้นข้อมูลจากอินพุตไหนจะถูกส่งออกมาที่เอาต์พุต จึงขึ้นอยู่กับค่าของ select inputs B และ A แสดงการทำงานได้ดังตารางการทำงานในรูปที่ 4.10 ข

**4.2.2 ดีมัลติเพล็กเซอร์ (Demultiplexer)**

ทราบมาแล้วว่า มัลติเพล็กเซอร์มีหลายอินพุตทำหน้าที่เลือกอินพุตใดอินพุตหนึ่งส่งไปยังเอาต์พุตสายเดียว ส่วนดีมัลติเพล็กเซอร์ (Demultiplexer) เป็นการกระจายข้อมูล (Data distributor) จากข้อมูลอินพุตเดียวแล้วกระจายออกเป็นหลายเอาต์พุตที่เวลาใดเวลาหนึ่งโดยมี select input เป็นตัวควบคุมแล้วส่งมายังเอาต์พุตใดเอาต์พุตหนึ่งบล็อคไดอะแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



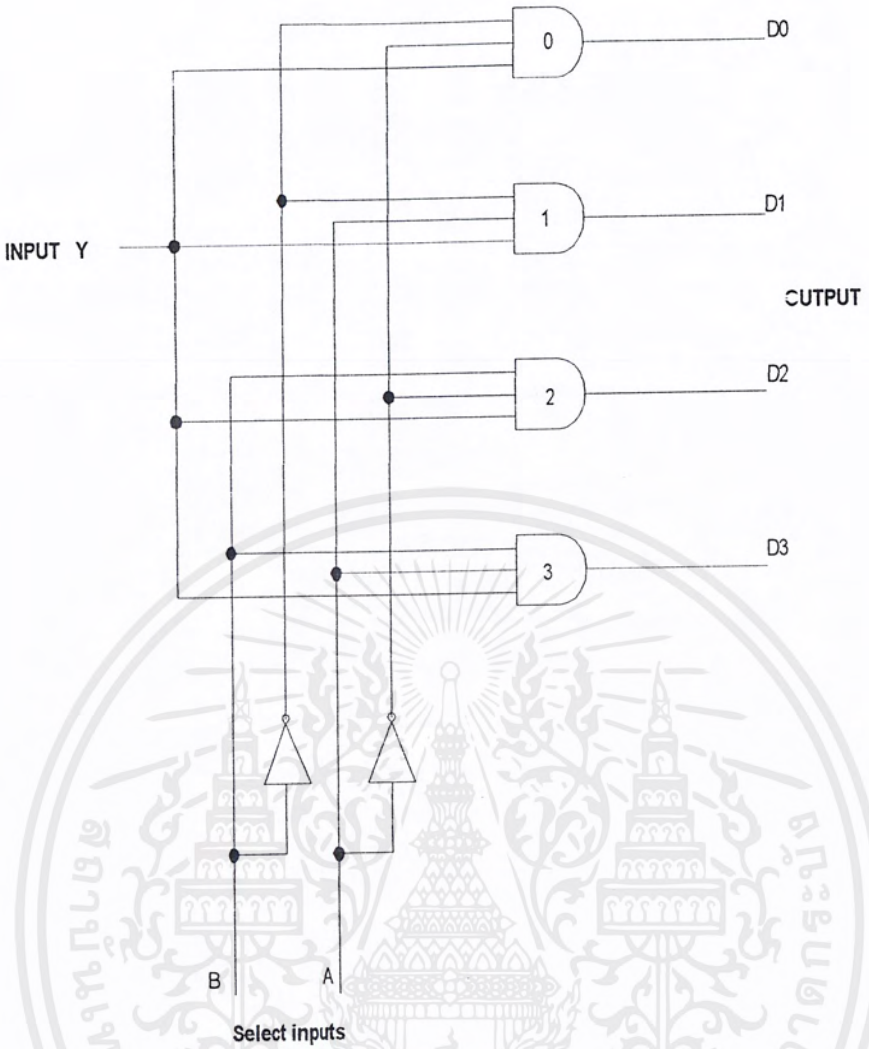

**รูปที่ 4.11** แสดงบล็อคไดอะแกรมของดีมัลติเพล็กเซอร์

**4.2.2.1 ดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 4 สาย (1 Line to 4 Line Demultiplexer)**

ดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 4 สาย อธิบายหลักการทำงานได้ดังรูปที่ 4.12

จากรูปที่ 4.12 เป็นการแสดงวงจรของมัลติเพล็กเซอร์ที่ทำการกระจายอินพุต 1 สายไปยังเอาต์พุตใดเอาต์พุตหนึ่งในจำนวน 4 เอาต์พุต ข้อมูลสายเดี่ยวที่อินพุต Y ต่อเข้าที่ AND เกต ทั้ง 4 ตัว แต่ที่เวลาใดเวลาหนึ่งจะมี select inputs ทำให้ AND เกตตัวเดียวเท่านั้นที่ Enable คือทำให้อินพุต Y ไปปรากฏที่เอาต์พุต เช่น ถ้า select input BA เป็น 00 จะมีเพียง AND เกตหมายเลข 0 เท่านั้นที่ Enable ทำให้อินพุต Y ไปปรากฏที่เอาต์พุต D0 ในทำนองเดียวกันในรหัส select inputs อื่น ๆ อินพุต Y จะต่อกับ AND เกตตัวอื่น ซึ่งสอดคล้องกับรหัสฐานสองของ select inputs ดังตารางการทำงานตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.12** วงจรดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 4 สาย

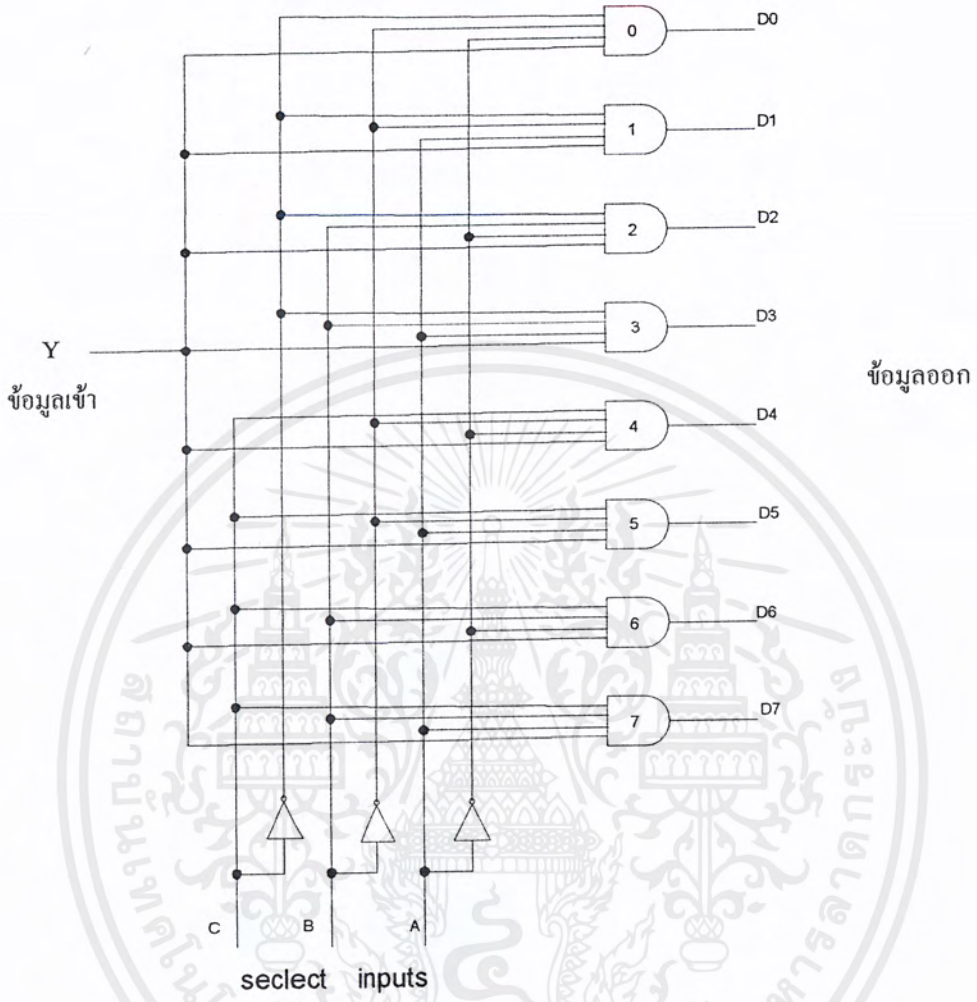
**ตารางที่ 4.1 ตารางการทำงานของดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 4 สาย**

| SELECT INPUT | | OUTPUT | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| B | A | $D_0$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 8 สาย (1 Line to 8 Line Demultiplexer)**

ดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 8 สาย อธิบายหลักการทำงานได้ดังรูปที่ 4.13




**รูปที่ 4.13** แสดงวงจรดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 8 สาย

จากรูปที่ 4.13 แสดงวงจรมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 8 สาย จะเห็นว่า อินพุต Y 1 สาย จะต่อเข้าที่ AND เกตทั้ง 8 ตัวที่เวลาใดเวลาหนึ่ง select inputs จะทำให้ AND gate เพียงตัวเดียวเป็น Enable เช่น CBA เป็น 000 จะทำให้ AND เกตหมายเลข 0 ตัวเดียวเท่านั้นที่ Enable ทำให้อินพุต Y ไปปรากฏที่เอาต์พุต D0 ถ้า select inputs เปลี่ยนเป็น 001 AND เกตหมายเลข 1 เป็น Enable อินพุต Y จะไปปรากฏที่เอาต์พุต $D_1$ ที่รหัสอื่น ๆ ของ select inputs ก็ทำงานเช่นเดียวกัน อินพุต Y จะต่อกับ AND เกตตัวอื่น ซึ่งสอดคล้องกับรหัสของ select inputs ตามตารางการทำงานตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางการทำงานของดีมัลติเพล็กเซอร์แบบ 1 สายเป็น 8 สาย

| SELECT INPUT | | | OUTPUT | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | B | A | $D_0$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $D_6$ | $D_7$ |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

จากรูปที่ 4.13 และตารางการทำงานที่ 4.2 จะเห็นว่าดีมัลติเพล็กเซอร์มีการทำงานคล้ายกับวงจรถอดรหัส (Decoder) แบบ 3 อินพุตออกเป็น 8 เอาต์พุตในรูปที่... เป็นอย่างมากยกเว้นอินพุต Y ที่เป็นอินพุตหนึ่งของ AND เกตแต่ละตัว ดังนั้นไอซีถอดรหัสที่มีขา Enable หรือ Storbe ทั้งหมด สามารถใช้เป็นดีมัลติเพล็กเซอร์ได้ โดยกำหนดให้อินพุตเลขฐานสอง (CBA) เป็น select inputs และให้อินพุตขา Enable เป็นอินพุตข้อมูล Y ด้วยเหตุผลนี้เองบริษัทผู้ผลิตจึงมักผลิตอุปกรณ์ชนิดนี้ให้ใช้ได้ทั้งสองหน้าที่ โดยจะเรียกว่า อุปกรณ์ถอดรหัส/ดีมัลติเพล็กเซอร์ (Decoder/Demultiplezer)

## 4.3 วิธีการอ่านคู่มือของไอซี CMOS

ถ้าหยิบคู่มือไอซี CMOS ขึ้นมาดู จะเห็นข้อมูลของไอซีแต่ละเบอร์เขียนแยกกันเป็นบท ๆ ข้อมูลของไอซีแต่ละเบอร์ นอกจากจะมีเรื่องรายละเอียดของขา ซึ่งมักจะดูก่อนเพื่อให้รู้ว่าไอซีตัวนี้มีกี่ขา แต่ละขามีชื่อว่าอะไร และใช้งานอย่างไรแล้ว ยังมีข้อมูลที่สำคัญอีกสามส่วนคือ ค่าพิกัดสูงสุด ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า และลักษณะสมบัติทางสวิตชิง

### 4.3.1 ค่าพิกัดสูงสุด

ลองดูตารางที่ 4.3 ในคู่มือไอซีทุกเบอร์จะต้องให้ตารางแสดงค่าพิกัดสูงสุด (maximum rating) ของไอซีไว้ การใช้งานไอซีให้ปลอดภัยจะต้องใช้ไอซีไม่ให้ได้รับแรงดันมากเกินพิกัดที่กำหนดไว้ ตารางที่ 4.3 เป็นตัวอย่างของพิกัดสูงสุดของ CMOS เบอร์หนึ่งของบริษัทหนึ่งเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 พิกัดสูงสุดของไอซี CMOS

| หัวข้อ | สัญลักษณ์ | ค่า | หน่วย |
|---|---|---|---|
| แหล่งจ่ายไฟตรง | $V_{DD}$ | -0.5 ถึง +18 | $V_{dc}$ |
| แรงดันขาเข้า | $V_{in}$ | -0.5 ถึง $V_{DD}$ +0.5 | $V_{dc}$ |
| กระแสสูงสุด | I | 10 | $mA_{dc}$ |
| อุณหภูมิใช้งาน* | $T_A$ | -55 ถึง +125 | °C |
| อุณหภูมิเก็บรักษา | $T_{stg}$ | -40 ถึง +85 | °C |

ช่วงแรงดันที่แนะนำ

| | | | |
|---|---|---|---|
| แรงดันแหล่งจ่ายไฟ | $V_{DD}$ | +3.0 ถึง +15 | $V_{dc}$ |

* ตัวถัง AL และ CL เป็นแบบเซรามิก CP เป็นแบบพลาสติก

(จากคู่มือของโมโตโรลา)

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างของตารางพิกัดสูงสุดของไอซี CMOS

| หัวข้อ | สัญลักษณ์ | พิกัด | หน่วย |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิเก็บรักษา | $T_{stg}$ | -55 ~ 125 | °C |
| อุณหภูมิใช้งาน | $T_{opr}$ | -30 ~ 85 | °C |
| อุณหภูมิที่ขาและเวลา* | $T_{solder}$ | 260° C 10S | |
| พลังงานสูญเสีย | $P_D$ | 300 | MW |
| แรงดันแหล่งจ่ายไฟ | $V_{DD}$ | 0 ~ 18 | V |
| แรงดันขาเข้า | $V_{in}$ | $-0.3 \leq V_{in} \leq V_{DD}+0.3$ | V |
| แรงดันขาออก | $V_{out}$ | $0 \leq V_{out} \leq V_{DD}$ | V |

* วัดจากตัวถัง $1.6 \pm 0.1$ มม. (จากคู่มือของโตชิบา)

### 4.3.2 แหล่งจ่ายไฟตรง

แหล่งจ่ายไฟตรง (DC supply voltage) ที่ป้อนเข้าที่ระหว่างขา และขา นั้น จะต้องมีค่าอยู่ในระหว่างพิกัดที่กำหนดให้ ตามตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าแรงดันแรงจ่ายไฟไม่ควรสูงเกิน 18 โวลต์ นอกจากนั้นถ้ามีการป้อนแรงดันผิดขั้ว ไม่ควรป้อนแรงดันเข้าขั้วแหล่งจ่ายไฟต่ำกว่า –0.5 โวลต์ แรงดันแหล่งจ่ายไฟที่บริษัทแนะนำจะอยู่ในช่วง +3.0 ถึง + 15.0 โวลต์เท่านั้น ตามตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3.3 แรงดันขาเข้าที่ขาต่าง ๆ**

เป็นค่าแรงดันสูงสุดและต่ำสุดที่จะป้อนเข้าขาอินพุตใดขาหนึ่งของไอซีระดับแรงดันต้องอยู่ในช่วงที่กำหนด คือ ไม่เกิน +0.5 โวลต์ และไม่ต่ำกว่า $V_{DD}$ –0.5 โวลต์ เช่น ใช้ 12 โวลต์ ก็ไม่ควรป้อนแรงดันเกิน $V_{DD}$ = 12.5 โวลต์หรือต่ำกว่า –0.5 โวลต์ เป็นต้น

**4.3.4 กระแสสูงสุด**

ค่านี้เป็นค่าที่บอกว่ากระแสสูงสุดที่จะจ่ายเข้าหรือจ่ายออกตลอดเวลาจากขาของไอซีต้องไม่เกิน 10 มิลลิแอมป์ ค่านี้ไม่ได้หมายถึงการจ่ายกระแสขนาดนี้ทุก ๆ ขาของไอซีในเวลาเดียวกัน เป็นค่าบอกเฉพาะขาใดขาหนึ่งเท่านั้น ขาแหล่งจ่ายไฟก็รวมอยู่ด้วย ปกติค่ากระแสนี้จะสูงขึ้นถ้าเป็นไอซีที่เป็นบัฟเฟอร์ หรือตัวขับ

**4.3.5 อุณหภูมิใช้งานและอุณหภูมิเก็บรักษา**

ในขณะใช้งานไอซีไม่ควรใช้งานในบริเวณที่ร้อนผิดปกติ ไอซีจะแบ่งออกเป็น 2 เกรด สำหรับใช้งานในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เช่น เกรด AL ใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิ –55 ° C ถึง +125 C ส่วนเกรด CL/CP ซึ่งตัวถังเป็นพลาสติกจะใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิ –40 C ถึง +85 C CMOS จะมีช่วงอุณหภูมิใช้งานได้กว้างและสูงกว่า TTL

ส่วนอุณหภูมิการเก็บรักษานั้นหมายถึง ถ้าเก็บไอซีไว้เฉย ๆ ยังไม่ได้นำออกมาต่อวงจร ก็ไม่ควรเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงเกินไป ช่วงอุณหภูมิเก็บรักษาดูจากตารางจะได้ –65 ° C ถึง +150 C

**4.3.6 ช่วงแรงดันใช้งานที่แนะนำ**

แม้บริษัทผู้ผลิตจะกำหนดพิกัดสูงสุดให้แล้วก็ตาม แต่เพื่อให้ใช้งานไอซีได้อย่างปลอดภัยไร้ปัญหา มักจะแนะนำช่วงแรงดันที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานมาให้

ต่อไปลองดูในตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าเป็นตารางแสดงพิกัดสูงสุดเหมือนกัน แต่มาจากคู่มือของบริษัทผู้ผลิตอีกรายหนึ่ง วิธีการเขียน การตั้งชื่อ และสัญลักษณ์จึงแตกต่างกันไป เช่น อุณหภูมิใช้งานเปลี่ยนจาก $T_A$ เป็น $T_{opr}$

อุณหภูมิที่ขาและเวลา (lead temperature time) หมายถึง อุณหภูมิในขณะบัดกรีที่ขาไอซีนั้น ถ้าไม่เกิน 260C สามารถบัดกรีได้นาน 10 วินาที โดยไม่เป็นอันตรายต่อไอซี พลังงานสูญเสียหรือ PD (power dissipotion) จะมีความหมายคล้ายคลึงกับกระแสสูงสุดในตารางที่ 4-3 คือ ผลคูณของแรงดันแหล่งจ่ายไฟกับกระแสที่จ่ายให้ไอซีจะต้องไม่เกิน 300 มัลลิวัตต์

แรงดันแหล่งจ่ายไฟ $V_{DD}$ มีความหมายเหมือนในตารางที่ 4-3 สำหรับแรงดันสัญญาณเข้า $V_{in}$ นั้น มีค่า ±0.3 โวลต์ ต่ำกว่าในตารางที่ 4-3 เล็กน้อย แรงดันขาออก $V_O$ นั้นจะไม่เกินค่าแรงดันแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3.7 ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า**

ต่อไปจะอธิบายถึงลักษณะสมบัติของขาอินพุตและเอาต์พุตของไอซี ลองดูค่าต่าง ๆ ในตารางที่ 4.5 ซึ่งเป็นตัวอย่างลักษณะสมบัติของไอซี CMOS ทั่วไป

**4.3.7.1 ระดับแรงดันขาออก $V_{OL}$ และ $V_{OH}$)**

เมื่อสัญญาณออกเป็น 0 ระดับแรงดันเรียกว่า $V_{OL}$ และเมื่อสัญญาณออกเป็น 1 ระดับแรงดันเรียกว่า $V_{OH}$ เงื่อนไขของแรงดันขาเข้า $V_{in}$ ในขณะนั้นอาจจะเป็น $V_{DD}$ หรอ 0 โวลต์ แล้วแต่ว่าเป็นเกตอะไร $V_{OL}$ และ $V_{OH}$ ยังขึ้นอยู่กับแรงดันแหล่งจ่ายไฟ $V_{DD}$ ด้วย เช่น จากตารางที่ 4.5 ถ้า $V_{DD}$ = 5 โวลต์ $V_{OL}$ จะมีค่าต่ำกว่า 0.05 โวลต์ และ $V_{OH}$ จะมีค่าสูงกว่า 4.95 โวลต์ การอ่านตรงนี้จะต้องเข้าใจอย่างหนึ่งก็คือเงื่อนไข $V_{in} = V_{DD}$ หรือ 0 โวลต์ แสดงว่าในขณะนั้นสัญญาณเข้าป้อนเข้ามาอย่างเต็มที่ ถ้าป้อน $V_{in}$ = 4 โวลต์ ซึ่งก็หมายถึง "1" เหมือนกัน แต่อาจจะไม่ได้ $V_{OL}$ ต่ำกว่า 0.05 โวลต์ และ $V_{OH}$ สูงกว่า 4.95 โวลต์ก็ได้

**4.3.7.2 ระดับแรงดันสัญญาณเข้า ($V_{IL}$ และ $V_{IH}$)**

ระดับแรงดันที่ไอซียอมรับว่าเป็นสัญญาณ "0" เรียกว่า $V_{IL}$ และระดบแรงดันของสัญญาณ "1" เรียกว่า $V_{IH}$ ในตารางที่ 4.5 จะแสดงค่าระดับแรงดันอินพุตที่จะทำให้เอาต์พุตให้ "0" หรือ "1" แน่ ๆ ตามชนิดของเกต ตัวอย่างเช่น เกต NAND ใช้ $V_{DD}$ = 5 โวลต์ เพื่อให้ได้เอาต์พุตเป็น "1" ซึ่งมีระดับแรงดัน 4.5 โวลต์ จะต้องป้อนสัญญาณ "0" ซึ่งมีระดับแรงดันสูงสุดไม่เกิน 1.5 โวลต์ หรือค่าทั่วไปไม่เกิน 2.25 โวลต์เป็นใช้ได้ และเพื่อให้เอาต์พุตของเกต NAND เป็น "0" ซึ่งมีระดับ 0.5 โวลต์ จะต้องป้อนสัญญาณ "1" เข้าทางอินพุต สัญญาณ "1" จะต้องมีระดับแรงดันสูงกว่า 3.5 โวลต์ หรืออย่างน้อยต้องสูงกว่าค่าทั่วไป 2.75 โวลต์ จากตารางนี้ ถ้าใช้ค่าทั่วไป แสดงว่า CMOS สามารถใช้กับระดับแรงดันของสัญญาณ "0" = 0 ถึง 2.25 โวลต์ และ "1" = 2.75 ถึง 5 โวลต์ แสดงว่า CMOS เป็นไอซีที่สามารถใช้งานในระดับแรงดันที่กว้างมาก

**4.3.7.3 กระแสขาออก ($I_{OH}$ และ $I_{OL}$)**

ในตารางที่ 4.5 แยกให้ตัวเลขระหว่างตัวถังแบบ AL และแบบ CL/CP จากกัน เพราะตัวถังทั้งสองแบบนี้มีการระบายความร้อนที่แตกต่างกัน จึงมีตัวเลขแตกต่างกันเล็กน้อย จะขออธิบายเฉพาะตัวถัง AL เท่านั้น

เมื่อขาเอาต์พุตให้สัญญาณออกเป็น "1" จะมีกระแสจ่ายออกเรียกว่า $I_{OH}$ (source current) และถ้าสัญญาณออกเป็น "0" จะรับกระแสเข้ามาเรียกว่า $I_{OL}$ (sink current) ทิศทางของกระแสทั้งสองนี้จะตรงข้ามกัน จากในตารางจะเห็นว่า กระแสจ่ายออกจะมีค่าเป็นลบ

กรณีที่ $V_{DD}$ = 5 โวลต์ เมื่อเอาต์พุตเป็น "1" แรงดัน $V_{OH}$ จะมีขนาดลดลงถ้าจ่าย $I_{OH}$ ออกไปมาก ๆ ในตารางที่ 4.5 ได้ให้ข้อมูลกระแส $I_{OH}$ ที่ $V_{OH}$ = 2.5 โวลต์ และ 4.6 โวลต์ สรุปได้ว่า ถ้ายอมให้ $V_{OH}$ ตกต่ำเหลือ 2.5 โวลต์ ก็สามารถจ่ายกระแสจากขาเอาต์พุตออกไปได้อย่างน้อย 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิแอมป์หรือค่าเฉลี่ย 4.2 มิลลิแอมป์ ถ้าให้ $V_{OH}$ ตกลงเล็กน้อยเหลือ 4.6 โวลต์ ก็สามารถจ่ายกระแสได้ 0.51 มิลลิแอมป์หรือค่าเฉลี่ย 0.88 มิลลิแอมป์

สำหรับกระแสไหลเข้า $I_{OL}$ นั้น ยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ $v_{OL}$ สูงขึ้น ปกติ $v_{OL}$ จะมีค่าประมาณ 0 โวลต์ ถ้ารับกระแส $I_{OL}$ เข้ามา $v_{OL}$ จะสูงขึ้น จากตารางที่ 4.5 ถ้าให้ $v_{OL}$ =0.4 โวลต์ จะสามารถรับกระแสได้อย่างน้อย 0.51 มิลลิแอมป์ หรือค่าเฉลี่ย 0.88 มิลลิแอมป์ จะเห็นว่ากระแสไหลเข้ามีค่าใกล้เคียงกับกระแสจ่ายออกที่ทำให้ $v_{OH}$ =4.6 โวลต์ ระดับแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไป 0.4 โวลต์ เท่ากับแสดงว่า CMOS มีคุณสมบัติทางด้านกระแสเข้าออกสมมาตรกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ตารางที่ 4.5 ลักษณะสมบัติทางไฟของไอซี CMOS

| ลักษณะสมบัติ | Characteristic | Symbol | $V_{DD}$ Volts | 25°C Min | 25°C Typ | 25°C Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| แรงดันเอาต์พุต | Output Voltage "0" Level | $V_{OL}$ | 5.0 | - | 0 | 0.05 | $V_{dc}$ |
| | $V_{in} = V_{DD}$ or 0 | | 10 | - | 0 | 0.05 | |
| เงื่อนไขแรงดันขาเข้า | "1" Level | | 15 | - | 0 | 0.05 | |
| | $V_{in} = V_{DD}$ or $V_{DD}$ | $V_{OH}$ | 5.0 | 4.95 | 5.0 | - | $V_{dc}$ |
| | | | 10 | 9.95 | 10 | - | |
| | | | 15 | 14.95 | 15 | - | |
| แรงดันอินพุต | Input Voltage "0" Level | $V_{IL}$ | | | | | $V_{dc}$ |
| | ($V_O$ = 4.5 or 0.5 $V_{dc}$) | | 5.0 | - | 2.25 | 1.5 | |
| | ($V_O$ = 9.0 or 1.0 $V_{dc}$) | | 10 | - | 4.50 | 3.0 | |
| เงื่อนไขแรงดันเอาต์พุต | ($V_O$ = 13.5 or 1.5 $V_{dc}$) | | 15 | - | 6.75 | 4.0 | |
| | "1" Level | $V_{IH}$ | | | | | $V_{dc}$ |
| | ($V_O$ = 0.5 or 4.5 $V_{dc}$) | | 5.0 | 3.5 | 2.75 | - | |
| | ($V_O$ = 1.0 or 9.0 $V_{dc}$) | | 10 | 7.0 | 5.50 | - | |
| | ($V_O$ = 1.5 or 13.5 $V_{dc}$) | | 15 | 11.0 | 8.25 | - | |
| กระแสเอาต์พุต | Output Drive Current (AL Device) | $I_{OH}$ | | | | | $mA_{Dc}$ |
| (กรณีตัวถังแบบ AL) | ($V_{OH}$ = 2.5 $V_{dc}$) Source | | 5.0 | -2.4 | -4.2 | - | |
| | ($V_{OH}$ = 4.6 $V_{dc}$) | | 5.0 | -0.51 | -0.88 | - | |
| เงื่อนไขแรงดันเอาต์พุต | ($V_{OH}$ = 9.5 $V_{dc}$) | | 10 | -1.3 | -2.25 | - | |
| | ($V_{OH}$ = 13.5 $V_{dc}$) | | 15 | -3.4 | -8.8 | - | |
| | ($V_{OH}$ = 0.4 $V_{dc}$) Sink | $I_{OL}$ | 5.0 | 0.51 | 0.88 | - | $mA_{Dc}$ |
| | ($V_{OH}$ = 0.5 $V_{dc}$) | | 10 | 1.3 | 2.25 | - | |
| | ($V_{OH}$ = 1.5 $V_{dc}$) | | 15 | 3.3 | 8.8 | - | |
| กระแสเอาต์พุต | Output Drive Current (CL/CP Device) | $I_{OH}$ | | | | | $mA_{Dc}$ |
| (กรณีตัวถังแบบ CL/CP) | ($V_{OH}$ = 2.5 $V_{dc}$) Source | | 5.0 | -2.1 | -4.2 | - | |
| | ($V_{OH}$ = 4.6 $V_{dc}$) | | 5.0 | -0.44 | -0.88 | - | |
| เงื่อนไขแรงดันเอาต์พุต | ($V_{OH}$ = 9.5 $V_{dc}$) | | 10 | -1.1 | -2.25 | - | |
| | ($V_{OH}$ = 13.5 $V_{dc}$) | | 15 | -3.0 | -8.8 | - | |
| | ($V_{OH}$ = 0.4 $V_{dc}$) Sink | $I_{OL}$ | 5.0 | 0.44 | 0.88 | - | $mA_{Dc}$ |
| | ($V_{OH}$ = 0.5 $V_{dc}$) | | 10 | 1.1 | 2.25 | - | |
| | ($V_{OH}$ = 1.5 $V_{dc}$) | | 15 | 3.0 | 8.8 | - | |
| กระแสอินพุต | Input Current (AL Device) | $I_{in}$ | 15 | - | ±0.00001 | ±0.1 | μAdc |
| | Input Current (CL/CP Device) | $I_{in}$ | 15 | - | ±0.00001 | ±0.3 | μAdc |
| ค่าประจุขาเข้า | Input Capacitance | $C_{in}$ | - | - | 5.0 | 7.5 | PF |
| | ($V_{in}$ = 0) | | | | | | |
| กระแสที่ใช้ขณะ | Quiescent Current (AL Device) | $I_{PP}$ | 5.0 | - | 0.0005 | 0.25 | μAdc |
| ไม่ทำงาน | (Per Package) | | 10 | - | 0.0010 | 0.50 | |
| | | | 15 | - | 0.0015 | 1.00 | |
| | Quiescent Current (AL Device) | $I_{PP}$ | 5.0 | - | 0.0005 | 1.0 | μAdc |
| | (Per Package) | | 10 | - | 0.0010 | 2.0 | |
| | | | 15 | - | 0.0015 | 4.0 | |
| กระแสที่ใช้ทั้งหมด | Total Supply Current | $I_T$ | 5.0 | $I_T = (0.3\ \mu A / kHz)\ f + I_{DD}/N$ | | | μAdc |
| | (Dynamic plus Quiescent | | 10 | $I_T = (0.6\ \mu A / kHz)\ f + I_{DD}/N$ | | | |
| | Per Gate, CL = 50 pF) | | 15 | $I_T = (0.9\ \mu A / kHz)\ f + I_{DD}/N$ | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3.7.4 กระแสอินพุต ($I_{in}$)**

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่ากระแสเกือบจะไม่ไหลเข้าเกต CMOS เลย เมื่อ $V_{DD}$ = 15 โวลต์ มีกระแสไหลเข้าสูงสุดเพียง 0.3 ไมโครแอมป์ หรือค่าเฉลี่ยเพียง 10 พิโคแอมป์เท่านั้น

**4.3.7.5 ค่าเก็บประจุขาเข้า ($C_{in}$)**

ระหว่างขาอินพุตกับกราวน์จะมีค่าเก็บประจุอยู่ เป็นคุณสมบัติของเกต CMOS เอง เมื่อต่อเกตขนานกันหลายตัว ค่าเก็บประจุนี้จะเพิ่มขึ้นเหมือนการต่อตัวเก็บประจุขนานกัน จะมีผลทำให้ความเร็วในการถ่ายทอดสัญญาณช้าลงไป ค่าเก็บประจุของขั้วเข้าของเกต CMOS จะมีค่า 5 พิโคฟารัดต่อขั้วเข้าหนึ่งขั้ว

**4.3.7.6 กระแสที่ใช้ขณะไม่ทำงาน ($I_{DD}$) และกระแสที่ใช้ทั้งหมด ($I_T$)**

ถ้าสัญญาณที่อินพุตและเอาต์พุตไม่เปลี่ยนแปลง กระแสที่จ่ายจากแหล่งจ่ายไฟ $V_{DD}$ มาที่ไอซีเรียกว่า $I_{DD}$ ปกติมีค่าสูงสุดไม่เกิน 4 ไมโครแอมป์ ซึ่งเป็นค่าน้อยมาก แสดงว่า CMOS กินไฟน้อย แต่ถ้าป้อนสัญญาณพัลส์เข้าที่เกต CMOS ทำให้อินพุตและเอาต์พุตเป็น "0" และ "1" สลับกันคือเริ่มการสวิตชิงตอนนี้ CMOS จะกินไฟมากขึ้น กระแสที่ใช้นั้นนอกจาก $I_{DD}$ แล้วยังขึ้นกับความถี่ของการสวิตชิงด้วย จากตารางจะเห็นว่า เมื่อ $V_{DD}$ = 5 โวลต์ป้อนพัลส์ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์เข้าไป จะทำให้เกต CMOS แต่ละเกตกินกระแสถึง 0.3 ไมโครแอมป์และจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ถ้าความถี่สูงขึ้น ตามสูตรดังนี้

$$I_T = 0.3\ \mu A \times f(kHz) + I_{DD/N}$$

$I_T$ นี้จะเป็นกระแสที่ใช้ในขณะสวิตชิงของแต่ละเกต (N = จำนวนเกต) เช่น ความถี่ 1 เมกะเฮิรตซ์ แต่ละเกตจะกินกระแสถึง 0.3 มิลลิแอมป์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับไอซี TTL ชนิด 74 LSxx แสดงว่า CMOS ไม่ได้กินไฟน้อยตามที่กล่าวกัน

**4.3.8 ลักษณะสมบัติด้านสวิตชิง**

เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์เข้าในวงจรดิจิตอลนั้น ไอซีต่าง ๆ จะให้สัญญาณ 0.1 สลับกัน เรียกว่า เป็นการสวิตชิง (switching) ถ้าความถี่ของสัญญาณพัลส์ต่ำก็ไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องเวลาขาขึ้น (rise time) และเวลาขาลง (fall time) ซึ่งจะทำให้การถ่ายทอดสัญญาณพัลส์เข้าไป แต่ถ้าความถี่ของพัลส์สูงขึ้น ปัญหาเหล่านี้จะเป็นปัญหาสำคัญ จะต้องเข้าใจลักษณะสมบัติด้านสวิตชิงของไอซีเหล่านี้ วงจรที่ใช้พัลส์ความถี่สูง ได้แก่ วงจรการเขียนและอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ เป็นต้น

ลักษณะสมบัติด้านสวิตชิงจะขึ้นอยู่กับวิธีการในการวัด จะต้องรู้ว่าผู้ผลิตวัดค่าต่าง ๆ โดยการทดสอบด้วยวงจรเช่นไร ปกติในคู่มือจะให้วงจรทดสอบมาด้วย ตารางที่ 4.6 เป็นตัวอย่างลักษณะสมบัติด้านสวิตชิง และรูปที่ 4.14 เป็นรูปวงจรที่ใช้ในการวัด

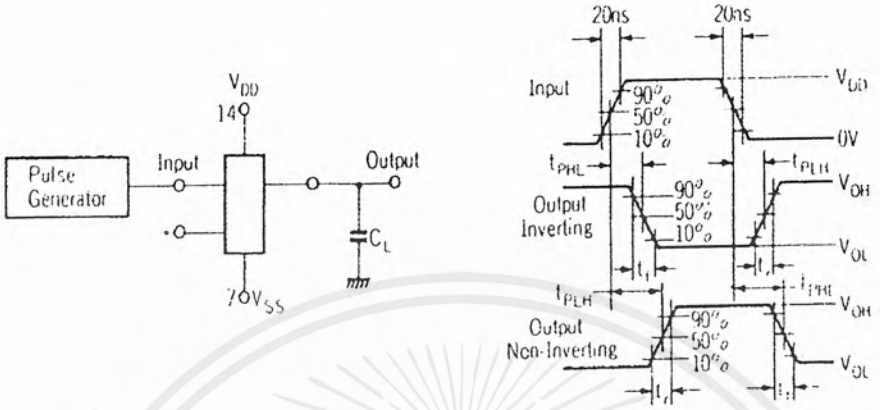
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** ลักษณะสมบัติด้านสวิตชิงของ CMOS

| ลักษณะสมบัติ | สัญลักษณ์ | $V_{DD}$ $V_{DC}$ | Min | All Types Typ | Max | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลาขาขึ้น | $t_r$ | | | | | ns |
| $t_r = (1.35\ ns/pF)\ C_L + 33\ ns$ | | 5.0 | | 100 | 200 | |
| $t_r = (0.60\ ns/pF)\ C_L + 20\ ns$ | | 10 | | 50 | 100 | |
| $t_r = (0.40\ ns/pF)\ C_L + 20\ ns$ | | 15 | | 40 | 80 | |
| เวลาขาลง | $t_r$ | | | | | ns |
| $t_r = (1.35\ ns/pF)\ C_L + 33\ ns$ | | 5.0 | | 100 | 200 | |
| $t_r = (0.60\ ns/pF)\ C_L + 20\ ns$ | | 10 | | 50 | 100 | |
| $t_r = (0.40\ ns/pF)\ C_L + 20\ ns$ | | 15 | | 40 | 80 | |
| เวลาความหน่วงในการ | $T_{PLH}\ t_{PHL}$ | | | | | ns |
| ถ่ายทอดสัญญาณ | | | | | | |
| กรณีของ MC14001B, | | | | | | |
| MC14011B | | | | | | |
| $T_{PLH}\ t_{PHL} = (0.90ns/pF)\ C_L + 80\ ns$ | | 5.0 | | 125 | 250 | |
| $T_{PLH}\ t_{PHL} = (0.36ns/pF)\ C_L + 32\ ns$ | | 10 | | 50 | 100 | |
| $T_{PLH}\ t_{PHL} = (0.26ns/pF)\ C_L + 27\ ns$ | | 15 | | 40 | 80 | |
| เกตุที่มี 2,3,4 อินพุต | | | | | | |
| $T_{PLH}\ t_{PHL} = (0.90ns/pF)\ C_L + 115\ ns$ | | 5.0 | | 160 | 320 | |
| $T_{PLH}\ t_{PHL} = (0.36ns/pF)\ C_L + 47\ ns$ | | 10 | | 65 | 130 | |
| $T_{PLH}\ t_{PHL} = (0.26ns/pF)\ C_L + 37\ ns$ | | 15 | | 50 | 100 | |
| กรณี 8 อินพุต | | | | | | |
| $T_{PLH}\ t_{PHL} = (0.90ns/pF)\ C_L + 115\ ns$ | | 5.0 | | 200 | 400 | |
| $T_{PLH}\ t_{PHL} = (0.36ns/pF)\ C_L + 62\ ns$ | | 10 | | 80 | 160 | |
| $T_{PLH}\ t_{PHL} = (0.26ns/pF)\ C_L + 47\ ns$ | | 15 | | 60 | 120 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูป 4.14 ยังมีรูปแสดงความหมายของช่วงเวลา $t_r$ , $t_f$, $t_{PLH}$ และ $t_{PHL}$ ของสัญญาณพัลส์เอาต์พุตให้ด้วย โดยสัญญาณอินพุตเป็นพัลส์ที่มีเวลาขาขึ้น ($t_r$) และเวลาขาลง ($t_f$) เท่ากับ 20 นาโนวินาที




**รูป 4.14** วงจรที่ใช้วัดและนิยามของลักษณะสมบัติทางสวิตชิง

**4.3.8.1 เวลาขาขึ้น**

เมื่อป้อนพัลส์เกตทำให้เอาต์พุตเปลี่ยนจาก 0 โวลต์เป็น $V_{DD}$ นั้น ช่วงเวลาที่ใช้จาก 10 เปอร์เซ็นต์ต้อง $V_{DD}$ จนถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของ $V_{DD}$ เรียกว่า "เวลาขาขึ้น" มีอักษรย่อคือ $t_r$ จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าถ้าป้อนพัลส์ที่มีเวลาขาขึ้น 20 นาโนวินาที ผ่านเกต CMOS จะได้สัญญาณพัลส์เอาต์พุตที่มี $t_r$ ต่ำสุดตั้งแต่ 40 นาโนวินาที จนกระทั่งถึงสูงสุด 200 นาโนวินาที แสดงว่า CMOS ทำงานได้ไม่เร็วนัก

**4.3.8.2 เวลาขาลง**

มีความหมายตรงข้ามกับ $t_r$ เป็น กรณีที่พัลส์เปลี่ยนจาก $V_{DD}$ เป็น 0 โวลต์ เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแรงดันจาก 90 เปอร์เซ็นต์ของ $V_{DD}$ มาเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของ $V_{DD}$ จะใช้เวลา $t_f$ มีค่าใกล้เคียงกับ $t_r$

**4.3.8.3 เวลาหน่วงในการถ่ายทอดสัญญาณ**

ให้ดูความหมายของเวลาหน่วงในการถ่ายทอดสัญญาณจากรูปที่ 4.14 เวลาหน่วงมี 2 ค่า คือ $t_{PLH}$ กับ $t_{PHL}$ $t_{PLH}$ คือ เวลาหน่วงทางด้านขาขึ้นของพัลส์เอาต์พุต โดยวัดจากจุดกึ่งกลาง (50 เปอร์เซ็นต์ของ $V_{DD}$) ของพัลส์ขาเข้าถึงพัลส์ขาออก ส่วน $t_{PHL}$ คือ เวลาหน่วงทางด้านขาลงของพัลส์เอาต์พุต โดยวัดที่จุดกึ่งกลางเช่นเดียวกัน จากตารางจะเห็นว่าค่าทั้งสองมีค่าเท่ากัน แต่เวลาหนึ่งจะขึ้นอยู่กับแรงดันแหล่งจ่ายไฟ และจำนวนอินพุตของเกต แหล่งจ่ายไฟยิ่งต่ำยิ่งให้เวลาหน่วงมีค่ามากขึ้น และถ้าจำนวนอินพุตมากขึ้น เวลาหน่วงก็มากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 การใช้งานไอซี PAL

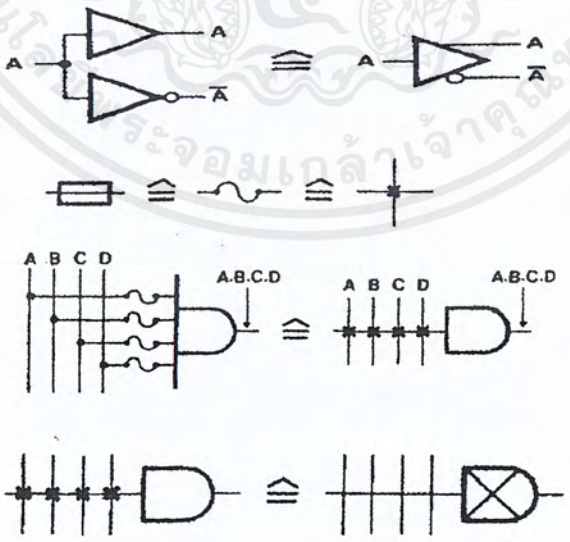
### 4.4.1 สัญลักษณ์ของลิจิก

เนื่องจากวงจรลอจิกภายในตัว PAL ค่อนข้างซับซ้อนและมีเป็นจำนวนมากการเขียนสัญลักษณ์แบบมาตรฐานทั่วไปเพื่อแสดงวงจรภายใน PAL จึงทำให้ดูสับสนวุ่นวายและต้องเปลืองเนื้อที่มาก โครงงานผู้ผลิตส่วนใหญ่จึงนิยมใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดขึ้นมาใหม่ เพื่อให้เขียนแสดงวงจรภายในได้สะดวกขึ้นและอ่านความหมายจากวงจรได้ง่ายขึ้น

สัญญาณจากขาอินพุตมักจะต้องป้อนเข้าบัฟเฟอร์ 2 ตัวก่อนเพื่อให้ได้ 2 สัญญาณที่ตรงกันข้ามกัน คือบัฟเฟอร์ตัวหนึ่งจะไม่กลับลอจิกแต่อีกตัวหนึ่งจะกลับลอจิก เพื่อให้การเขียนวงจรลอจิกภายใน PAL ทำได้ง่ายขึ้นแทนที่จะต้องเขียนสัญลักษณ์ของบัฟเฟอร์ทั้ง 2 ตัว จึงรวมมาเขียนเป็นตัวเดียวกันเลยโดยให้มีเอาต์พุต 2 สัญญาณ

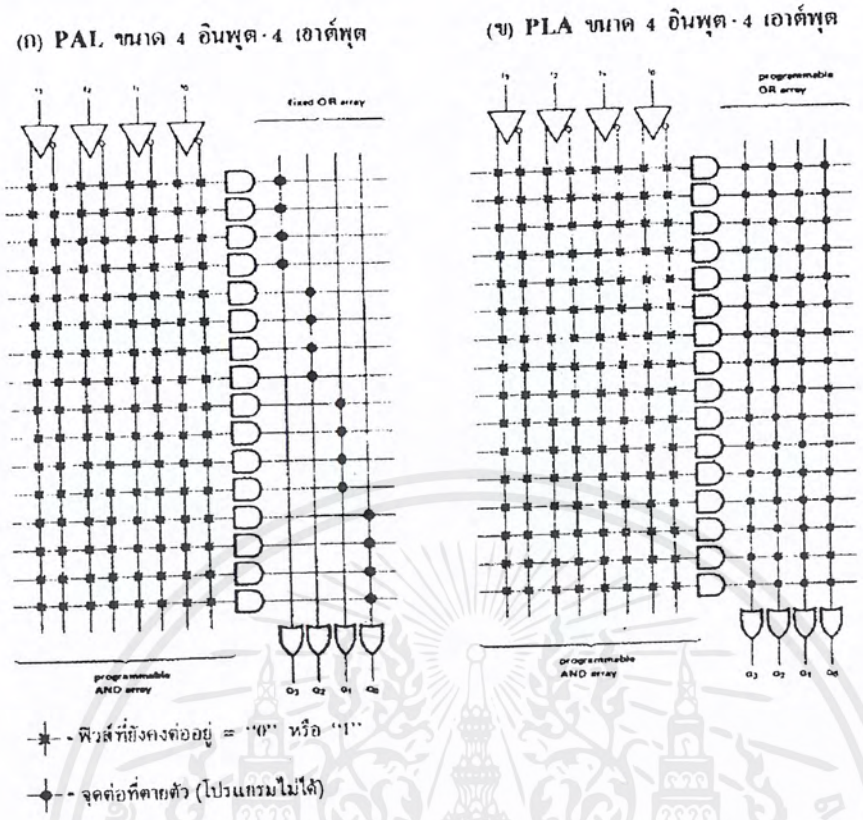
ขาอินพุตของเกตมักจะมีอินพุตอยู่หลายสัญญาณและจะต่อเข้ากับฟิวส์ในลักษณะแมทริกซ์ เพื่อให้เขียนวงจรได้ง่ายขึ้นจึงใช้เครื่องหมายกากบาทแสดงถึงว่ามีฟิวส์ต่ออยู่ระหว่างขาอินพุตของเกตกับขาสัญญาณทางแนวตั้งตามตำแหน่งของเครื่องหมายกากบาทนั้น ๆ จึงทำให่เขียนขาสัญญาณอินพุตของเกตเพียงเส้นเดียวแสดงจำนวนขาสัญญาณอินพุตของเกตหลายสัญญาณได้ (จำนวนอินพุตของเกต = จำนวนขาสัญญาณอินพุตทางแนวตั้ง)

ในกรณีที่ฟิวส์ทุกตัวที่ต่อยู่เข้ากับอินพุตของเกตไม่ถูกระเบิดทั้งไปเลยแม้แต่ตัวเดียว จะเขียนเครื่องหมายกากบาทเพียงตัวเดียวเข้าที่สัญลักษณ์ของเกตเลยในกรณีเช่นนี้ยังแสดงถึงว่าอินพุตของเกตตัวนั้นจะเป็น “0”




**รูปที่ 4.15** แสดงสัญลักษณ์ทางลอจิกของไอซี PAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.16** โครงสร้างภายในของไอซี PAL

### 4.4.2 การอ่านความหมายจากเบอร์ของไอซี PAL

PAL ที่ได้ผลิตออกมาจำหน่ายแล้วมีอยู่มากมายหลายขนาดโดยจะกำหนดเป็นเบอร์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับโครงสร้างภายในของมัน คุณสมบัติของ PAL ที่พอจะพบเห็นได้มีดังนี้

- จำนวนอินพุต – 8, 10, 12, 14, 16, 18 หรือ 20 ขา
- จำนวนเอาต์พุต – 2, 4, 6, 8, หรือ 10 ขา
- บัฟเฟอร์ทางเอาต์พุต – สามรถจะป้อนกลับเข้ามาเป็นอินพุตได้
- โปรมแกรมได้ทั้งทางอินพุตและเอาต์พุต
- ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ได้

การกำหนดเบอร์ของ PAL จะแสดงให้ถึงจำนวนอินพุต, เอาต์พุต และ ชนิดของเอาต์พุต ดังแสดงความหมายของเบอร์เอาไว้ในรูปที่ 4.17 ตัวอักษรซึ่งบอกชนิดของเอาต์พุตมีรายละเอียดดังนี้

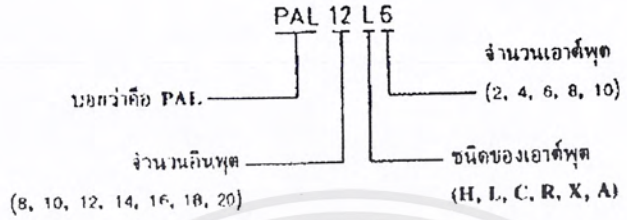
- H แอคทีฟที่ "1"
- L แอคทีฟที่ "2"
- C มีให้เลือกทั้งแอคทีฟที่ "1" และ "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

— R เป็นรีจิสเตอร์ หมายถึงรักษาสถานะเอาต์พุตให้ค้างเอาไว้ได้ด้วยฟลิปฟลอปและเอาต์พุตยังป้อนย้อนกลับมาที่อินพุตของ AND ได้ (โปรแกรมได้ด้วย)

— X เป็นรีจีสเตอร์แบบ EX-OR

— A เป็นรีจีสเตอร์คำนวณทางคณิตศาสตร์ได้




รูปที่ 4.17 การอ่านความหมายจากเบอร์ของไอซี PAL

**ตารางที่ 4.7 แสดงรายละเอียดคุณสมบัติของไอซี PAL เบอร์ต่าง ๆ**

| เบอร์ PAL | จำนวนอินพุต (I) | จำนวนเอาต์พุต (Q) | จำนวนขา I/O ที่โปรแกรมได้ | จำนวนรีจิสเตอร์ | หน้าที่ |
|---|---|---|---|---|---|
| 10H8 | 10 | 8 | | | AND-OR |
| 12H6 | .12 | 6 | | | AND-OR |
| 14H4 | 14 | 4 | | | AND-OR |
| 16H2 | 16 | 2 | | | AND-OR |
| 10L8 | 10 | 8 | | | AND-OR-INVERT |
| 12L6 | 12 | 6 | | | AND-OR-INVERT |
| 14L4 | 14 | 4 | | | AND-OR-INVERT |
| 16L2 | 16 | 2 | | | AND-OR-INVERT |
| 16C1 | 16 | 1 | | | AND-OR/AND-OR-INVERT |
| 16L8 | 10 | 8 | 6 | | AND-OR-INVERT |
| 16R8 | 8 | 8 | | | AND-OR/AND-OR-INVERT |
| 16R6 | 8 | 8 | 2 | 6 | AND-OR/AND-OR-INVERT |
| 16R4 | 8 | 8 | 4 | 4 | AND-OR/AND-OR-INVERT |
| 16X4 | 8 | 8 | 4 | 4 | AND-OR-INVERT-XOR-REGISTER |
| 16A4 | 8 | 8 | 4 | 4 | AND-CARRY-OR-XOR-INVERT-REGISTER |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังจะมีตัวอักษรตามท้ายตัวเลขซึ่งบอกจำนวนเอาต์พุต โดยจะแสดงถึงความเร็วหรือกระแสใช้งาน, ช่วงอุณหภูมิและลักษณะรูปร่าง

**4.4.3 ตัวอย่างของไอซี PAL**

ตารางที่ 4.7 เป็นตัวอย่างของเบอร์ต่าง ๆ และคุณสมบัติของ PAL ซึ่งสัญลักษณ์แสดงโครงสร้างภายในจะแสดงไว้ในรูปที่ 4.19 สำหรับวงจรทางเอาต์พุตของชนิดต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 4.18

ในรูปที่ 4.18 ก เป็นวงจรง่าย ๆ เพียงอินพุตเดียวและเอาต์พุตเดียวของชนิด L ส่วนรูปที่ 4018 ข เป็นชนิด L เช่นกันแต่ที่เอาต์พุตจะสามารถป้อนกลับเข้าไปยังอินพุตได้ คุณสมบัติข้อนี้ให้ประโยชน์มากในการออกแบบเป็นตัวเลื่อนข้อมูล (shift register) หรือให้เกิดการวนของข้อมูล (data loop) และเมื่อควบคุมให้เอาต์พุตหยุดทำงานหรือเป็นอิมพีแดนซ์สูงจะสามารถให้เป็นขาอินพุตได้อีกด้วย

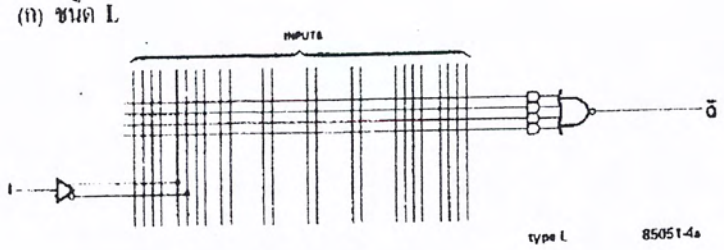
เอาต์พุตชนิด R ในรูปที่ 4.18 ค จะเห็นว่ามีฟลิปฟลอปต่อคั่นอยู่กับเอาต์พุตและฟลิปฟลอปยังป้อนสัญญาณกลับไปที่อินพุตอีกด้วยซึ่งจะช่วยให้ PAL จำสถานะเดิมของมันได้และยังช่วยให้มันเปลี่ยนสถานะเดิมของมันได้และยังช่วยให้มันเปลี่ยนสถานะกลับไปและยังช่วยให้มันเปลี่ยนสถานะกลับไปมาได้อีกด้วย ทางเอาต์พุต Q ของฟลิปฟลอปยังถูกคั่นด้วยอินเวอร์เตอร์ซึ่งสามารถควบคุมการผ่านสัญญาณออกมาที่เอาต์พุตได้ โดยที่อินเวอร์เตอร์ซึ่งสามารถควบคุมการผ่านสัญญาณออกมาที่เอาต์พุตได้ โดยที่อินเวอร์เตอร์ตัวนี้จะเป็นอิมพีแดนซ์สูงเมื่อขา $\overline{OC}$ หยุดการอีนาเบิล

เอาต์พุตชนิด X ในรูปที่ 4.18 ง จะมี EX-OR อยู่ที่อินพุตของฟลิปฟลอปเพื่อรวมผลของ OR ทั้งสอนตัวอันเป็นประโยชน์สำหรับการหยุดการทำงานชั่วขณะของเคาน์เตอร์ (hold)

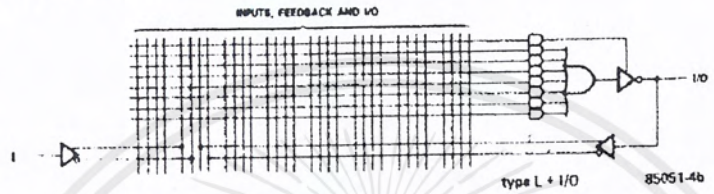
เอาต์พุตชนิด A จะซับซ้อนกว่าชนิด X ขึ้นไปอีกดังรูปที่ 4.18 จ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณได้ดดยมีชุดเกตอยู่หลายตัวทางอินพุตซึ่งรับสัญญาณจากฟลิปฟลอปด้วย การจัดวงจรเช่นนี้จึงสามารถบวกอินพุตเข้ากับเอาต์พุตได้ เช่น I+Q, I+$\overline{Q}$, $\overline{I}$+Q และ $\overline{I}+\overline{Q}$ ซึ่ง ผลการบวกจะป้อนเข้าอินพุตอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

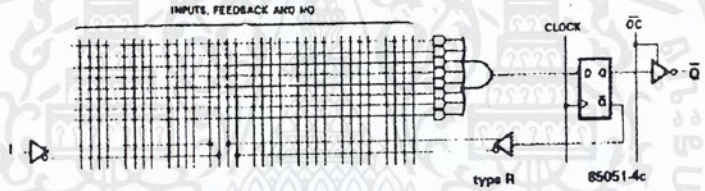
(ก) ชนิด L



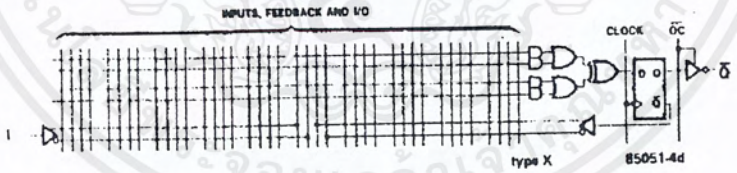

(ข) ชนิด L + I/O



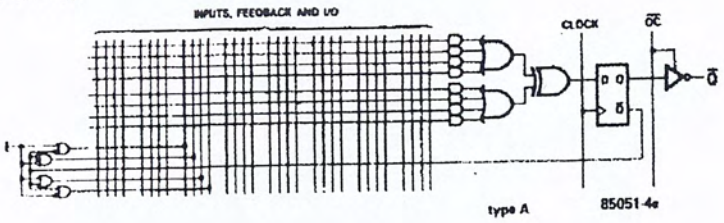

(ค) ชนิด R




(ง) ชนิด X

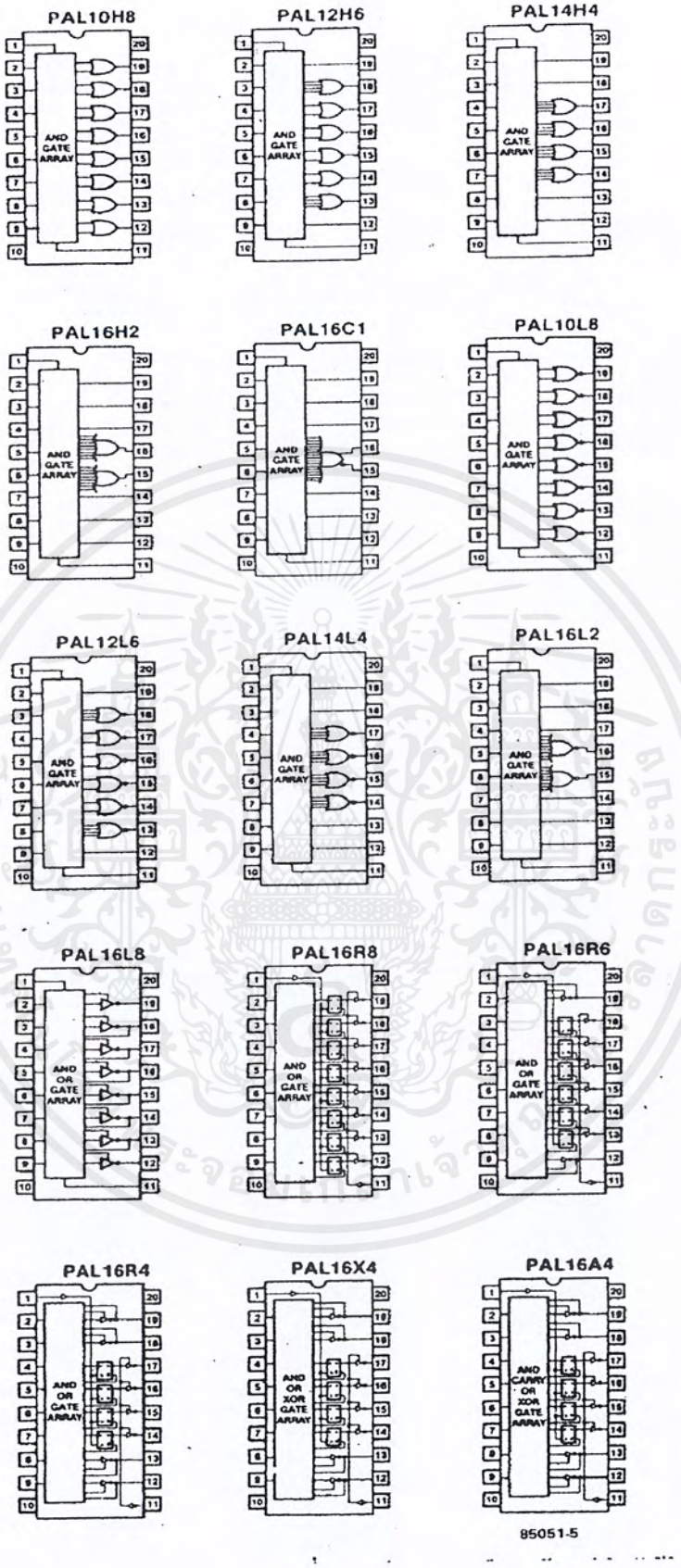



(จ) ชนิด A




**รูปที่ 4.18** วงจรภายในไอซี PAL ชนิดต่าง ๆ โดยละเอียดของอินพุตและเอาต์พุตเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.19** แสดงวงจรภายในไอซี PAL แบบคร่าว ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.4.4 การโปรแกรมไอซี PAL**

PAL ตัวใหม่ ๆ ที่เพิ่งจะผลิตออกมาจากโรงงานหรือยังไม่เคยถูกโปรแกรมมาก่อนเลย ขาสัญญาณทางอินพุตทุกขาจะต้องเข้ากับขาสัญญาณของ AND โดยผ่านบัฟเฟอร์และอินเวอร์เตอร์โดยแทนด้วยเครื่องหมายกากบาท จุดที่เป็นกากบาทก็คือสัญญาณทางแนวตั้งและแนวนอนจะต่อเข้าด้วยกันโดยผ่านตัวไดโอดและฟิวส์ หมายถึงการจัดเรียงขาทางอินพุตของ AND จะอยู่ในลักษณะแมทริกซ์โดยมีไดโอกและฟิวส์ต่อคั่นอยู่

ฟิวส์ที่ต่อคั่นอยู่นี้ สามารถที่จะถูกทำลายทิ้งไปได้โดยการป้อนแรงดันสูง ๆ ชั่วขณะเพื่อให้กระแสไหลผ่านตัวมันสูงเกินอันตรายจนเกิดความร้อนสูงจนขาดวงจรเหมือนกับว่าฟิวส์ถูกระเบิด ดังนั้นการโปรแกรม PAL ก็คือการเลือกตำแหน่งที่ต้องการทำลายฟิวส์ภายในส่วนอินพุตของ AND

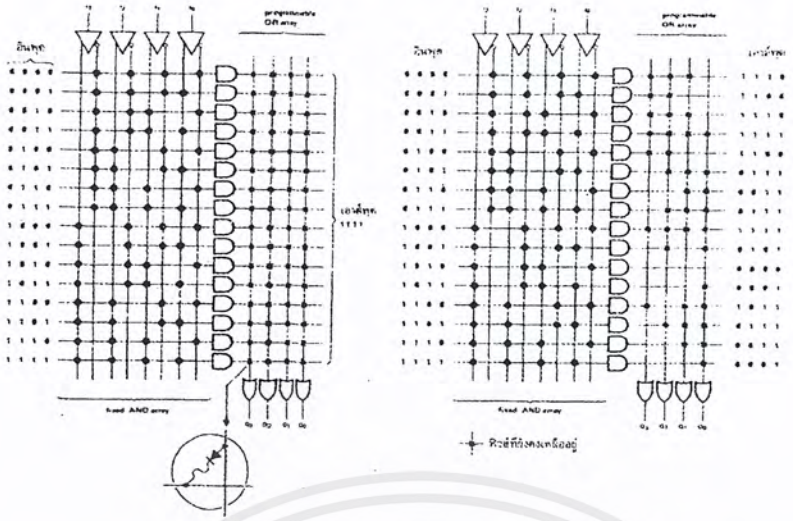
หลังจากที่ฟิวส์ถูกทำลายไปแล้วจะไม่สามารถทำให้มันฟื้นหรือต่อวงจรได้ตามเดิม คือขาดแล้วขากเลย แต่สำหรับตำแหน่งที่ยังไม่ถูกทำลายสามารถนำมาโปรแกรมซ้ำให้ขาดได้

สรุปแล้วการโปรแกรม PAL ก็คือการเลือกลอจิกทางอินพุตของ AND ให้ขึ้นอยู่กับสัญญาณอินพุตขาใด ๆ อย่างไรโดยฟิวส์ที่ยังคงอยู่ (เครื่องหมายกากบาท) อาจจะแทนลอจิก "0" หรือ "1" ก็ได้แต่ตำแหน่งที่ฟิวส์ถูกทำลายไปแล้ว (ไม่มีเครื่องหมายกากบาท) จะแทนลอจิกตรงกันข้าม

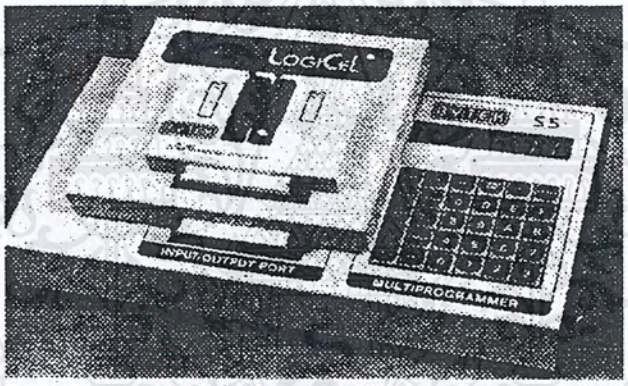
กรรมวิธีโปรแกรม PAL ค่อนข้างจะยุ่งยากและซับซ้อนต้ออาศัยคู่มือของ PAL นำมาศึกษาโดยละเอียด ด้วยขั้นตอนการโปรแกรมที่ยุ่งยากนี้จึงมีการผลิตเครื่องมือสำหรับโปรแกรมที่ยุ่งยากนี้จึงมีการผลิตเครื่องมือสำหรับโปรแกรมโดยเฉพาะออกมาจำหน่าย บางบริษัทผลิตเป็นซอฟต์แวร์ออกมาเพื่อให้ใช้ร่วมกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยมีแผ่นการ์ดอินเตอร์เฟสเข้ามาช่วยและการโปรแกรมจะเขียนด้วยภาษาที่ง่ายขึ้นเช่นเพียงแต่บอกความสัมพันธ์ของอินพุต-เอาต์พุต ในรูปแบบของทฤษฎีดีมอร์แกนเท่านั้น

แต่ก็ใช่ว่าจะไม่สามารถโปรแกรมได้ด้วยตนเอง ความจริงแล้วสามารถออกแบบเครื่องมือสำหรับ PAL ได้โดยการป้อนแรงดันที่เหมาะสมซึ่งมีหลายระดับ (0, 5, 6 และ 11.5 V สำหรับโปรแกรม) เข้าไปยังขาต่าง ๆ ของ PAL ให้ถูกต้องและเป็นไปตามลำดับเวลาเพื่อเลือกตำแหน่งที่ต้องการระเบิดฟิวส์แล้วเปลี่ยตำแหน่งไปเรื่อย ๆ จนครบตามที่ได้ออกแบบคำนวณไว้

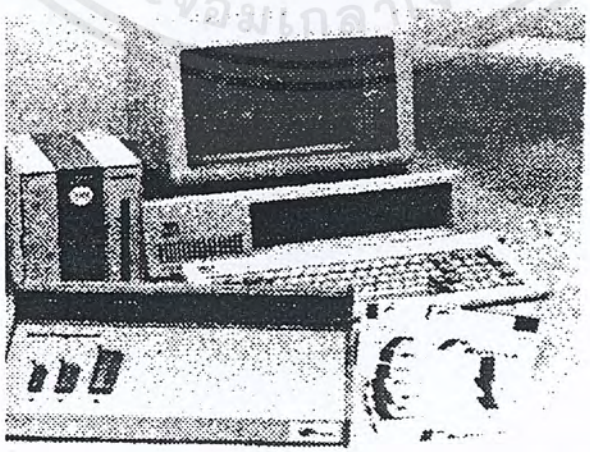
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.20** โครงสร้างภายในก่อนถูกโปรแกรม และหลังจากโปรแกรมแล้ว




**รูปที่ 4.21** ตัวอย่างเครื่องโปรแกรมสำเร็จรูปชนิดที่โปรแกรมได้ด้วยตัวเอง



**รูปที่ 4.22** ตัวอย่างเครื่องโปรแกรมที่ต้องต่อรวมกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# ขั้นตอนการออกแบบวงจร

ในการออกแบบวงจรเครื่องเลือกและจำลำดับสัญญาณภาพ คณะผู้ทดลองได้ออกแบบโดยแยกวงจรออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ ด้วยกัน ดังนี้

## 5.1 ส่วนจัดลำดับสัญญาณโดยอัตโนมัติ (Sequential)

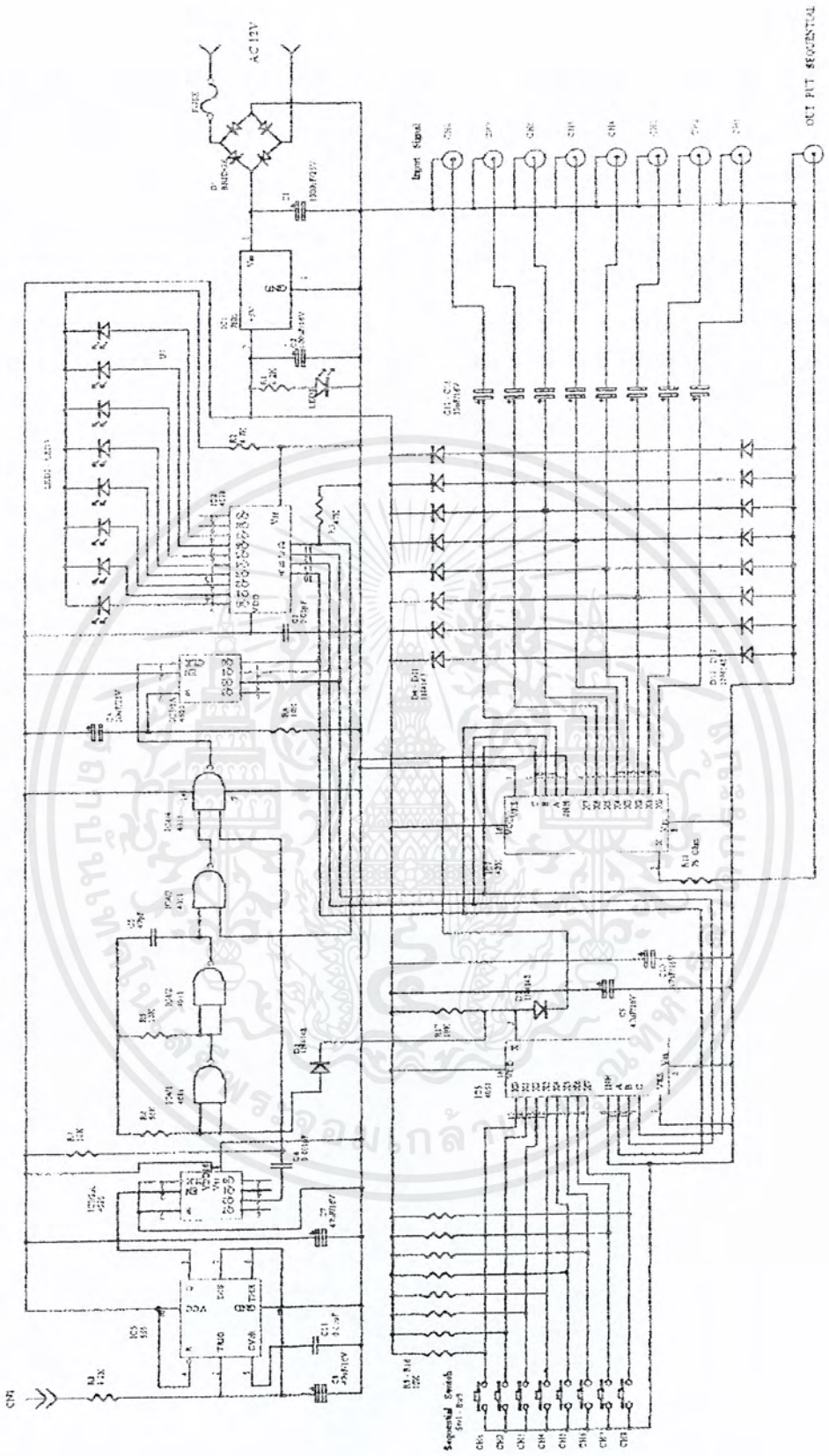
โดยวงจรในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใหญ่ที่สุดของเครื่องเลือกและจัดลำดับสัญญาณภาพ ซึ่งจะประกอบไปด้วย

ฐานเวลาในการจัดลำดับและแสดงผล โดยใช้ไอซีไทม์เมอร์เบอร์ 555 ทำงานร่วมกับไอซีเบอร์ 4520 ซึ่งเป็นไอซี Dual UP Counter และไอซีเบอร์ 4011 ซึ่งเป็นไอซี Nand Gate ทำงานร่วมกันและใช้เป็นสัญญาณ Control ให้กับการจัดลำดับสัญญาณและการแสดงผล

ส่วนการเลือกช่องสัญญาณและจัดลำดับสัญญาณภาพจะให้ไอซีเบอร์ 4051 ที่เป็นไอซี Analog Multiplex/Demultiplex

ส่วนการแสดงผลว่าช่องสัญญาณและจัดลำดับสัญญาณไหนแสดงผลแบบ Sequential อยู่ให้ไอซีเบอร์ 4028 ซึ่งเป็นไอซี BCD –TO –Decimal Decoder ไปขับ LED ให้แสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

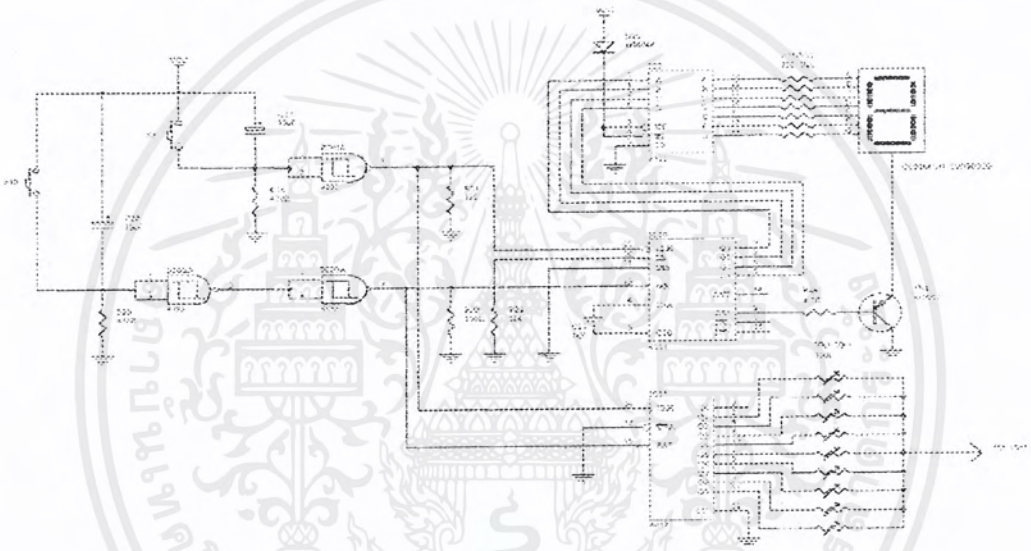


**รูปที่ 5.1** แสดงวงจรที่ทำหน้าที่ในการแสดงผลแบบ Sequential

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ส่วนการตั้งเวลาการจัดลำดับสัญญาณภาพ

ในส่วนนี้จะแบ่งแยกเป็นสองส่วนย่อย คือ ส่วนที่แสดงผลเวลาที่ตั้งค่าไว้ซึ่งสามารถตั้งค่าเวลาได้ 0.9 วินาที หมายความว่าจะต้องการให้ภาพในแต่ละช่องสัญญาณแสดงผลเป็นเวลานานเท่าใด จึงจะให้เปลี่ยนไปอีกภาพของช่องสัญญาณถัดไป เช่น ถ้าเวลาตั้งไว้ 2 วินาที การแสดงผลของแต่ละช่องสัญญาณที่จอมอนิเตอร์ก็จะแสดงผลเป็นระยะเวลา 2 วินาทีก็จะเปลี่ยนภาพเป็นช่องสัญญาณถัดไปที่เลือกไว้ การออกแบบใช้ไอซีเบอร์ 4553 ในการต่อเวลาที่ตั้งและไอซีเบอร์ 4511 ทำหน้าที่ในการขับตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segmpnt) และในส่วนที่สองจะเป็นตัวเลือกค่าความต้านทานที่จะให้กับไอซีไทม์เบอร์ 555 โดยเลือกให้ไอซีเบอร์ 4017 ซึ่งเป็นไอซี Counter/D:V:der

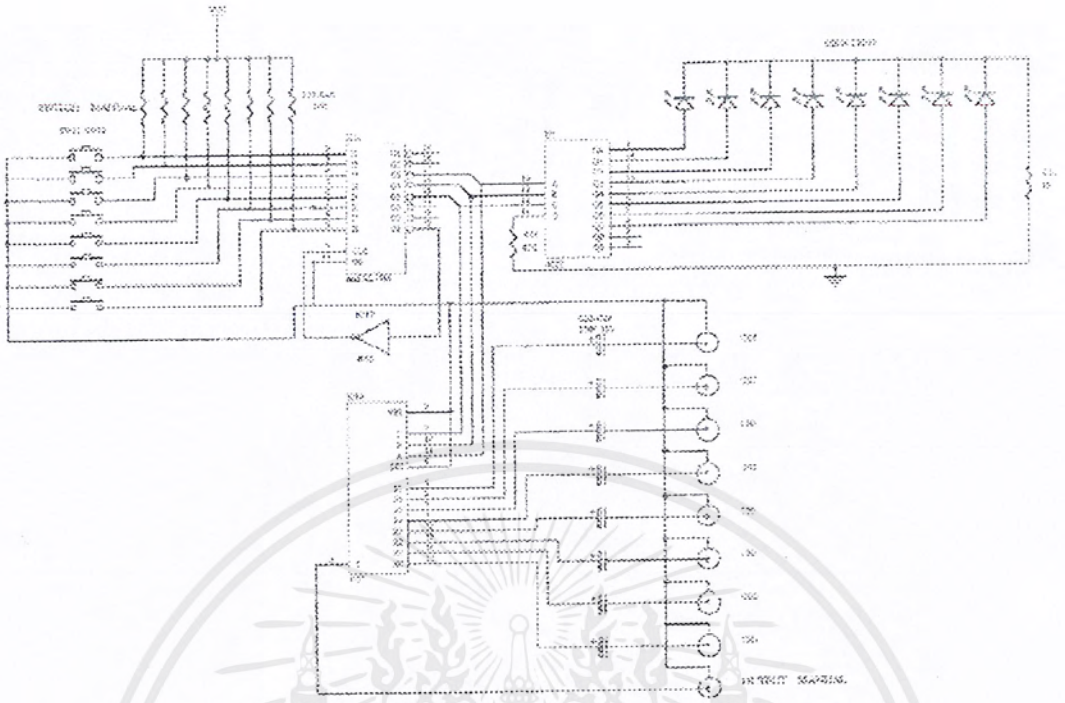


รูปที่ 5.2 แสดงวงจรส่วนการตั้งเวลาการจัดลำดับสัญญาณภาพ

## 5.3 ส่วนการเลือกช่องสัญญาณที่จะแสดงผลด้วยมือ (Manual)

ในส่วนนี้จะใช้การเขียนโปรแกรมโดยใช้ไอซี PAL ต่อร่วมกับไอซีเบอร์ 4009 ซึ่งเป็นไอซี HEX BUFFERS/CONVERTERS ซึ่งจะนำสัญญาณควบคุมที่ได้ไปใช้ควบคุมการมัลติเพล็กซ์ของไอซีมัลติเพล็กซ์เป็นผลให้สามารถเลือกช่องสัญญาณที่จะแสดงผลเป็นแบบ manual ได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 5.3** แสดงวงจรส่วนที่เลือกสัญญาณภาพด้วยมือ (Manual)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

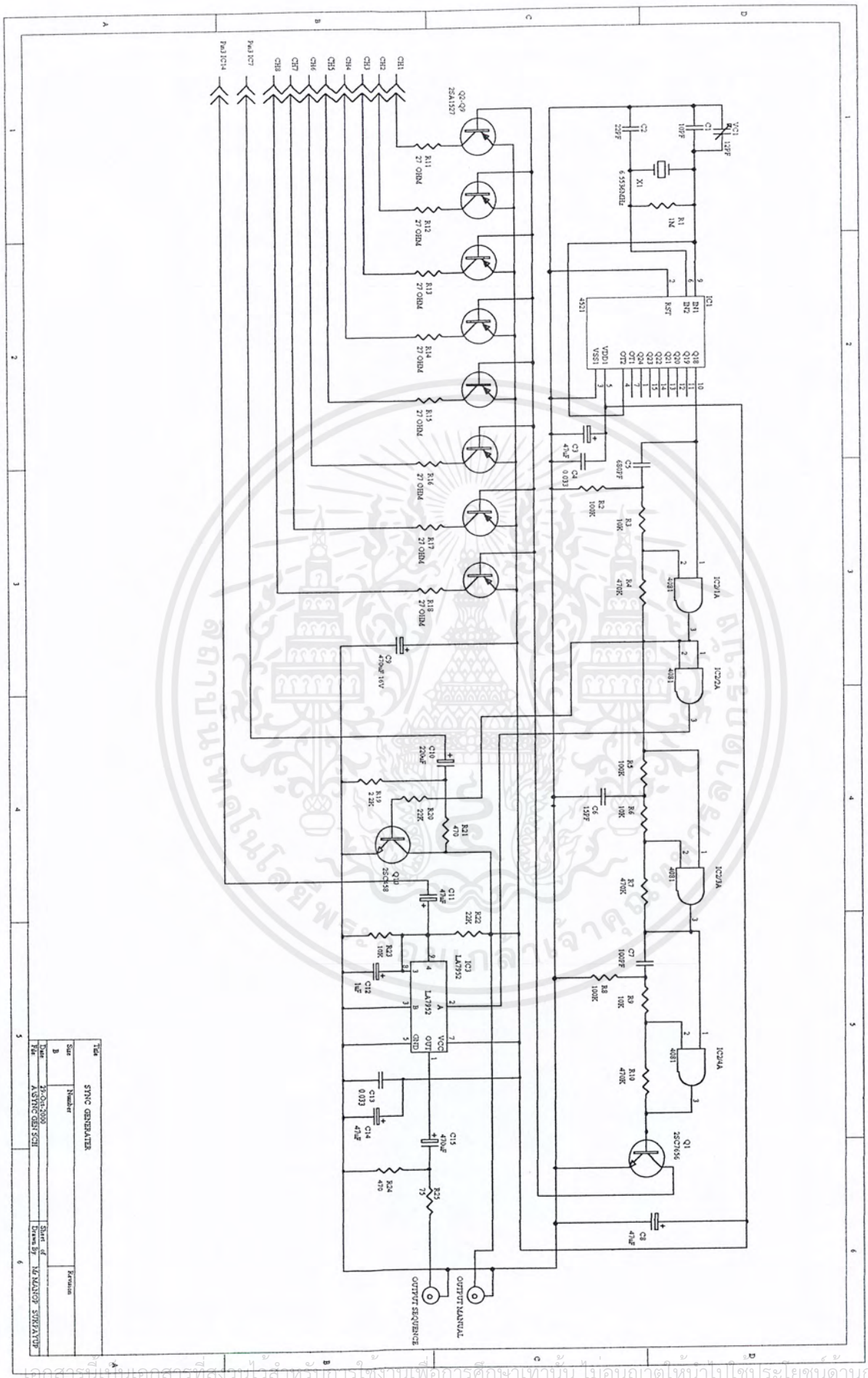
แนะนำเพิ่มเติม

หากมีท่านใดสนใจทำการทดลองต่อจากนี้ ต้องการให้การเปลี่ยนภาพจากช่องสัญญาณหนึ่งไปอีกช่องสัญญาณหนึ่ง มีความสมบูรณ์มากขึ้นทางคณะผู้ค้นคว้าขอแนะนำวงจร Sync Generator นำไปต่อร่วมกับวงจรมัลติเพล็กเซอร์

อนึ่ง วงจร Sync Generator ดังกล่าวนี้ทางขณะผู้ค้นคว้ายังไม่ได้ทำการทดลอง เนื่องจากขณะผู้ค้นคว้าไม่สามารถหาคริสตอลความถี่ที่ใช้ในวงจรได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

มงคล เดชนครินทร์. 2529. ระบบรักษาความปลอดภัยโดยโทรภาพ. กรุงเทพฯ : ยูไนเต็ดท์บุคส์

มงคล เจตินัย. 2542. วงจรดิจิตอล. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ

มนัส สังวรศิลป์ และ สมเกียรติ ศุภเดช. 2536. ทฤษฎีการออกแบบวงจรพัลส์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : อิเล็กทรอนิคส์เวิลด์

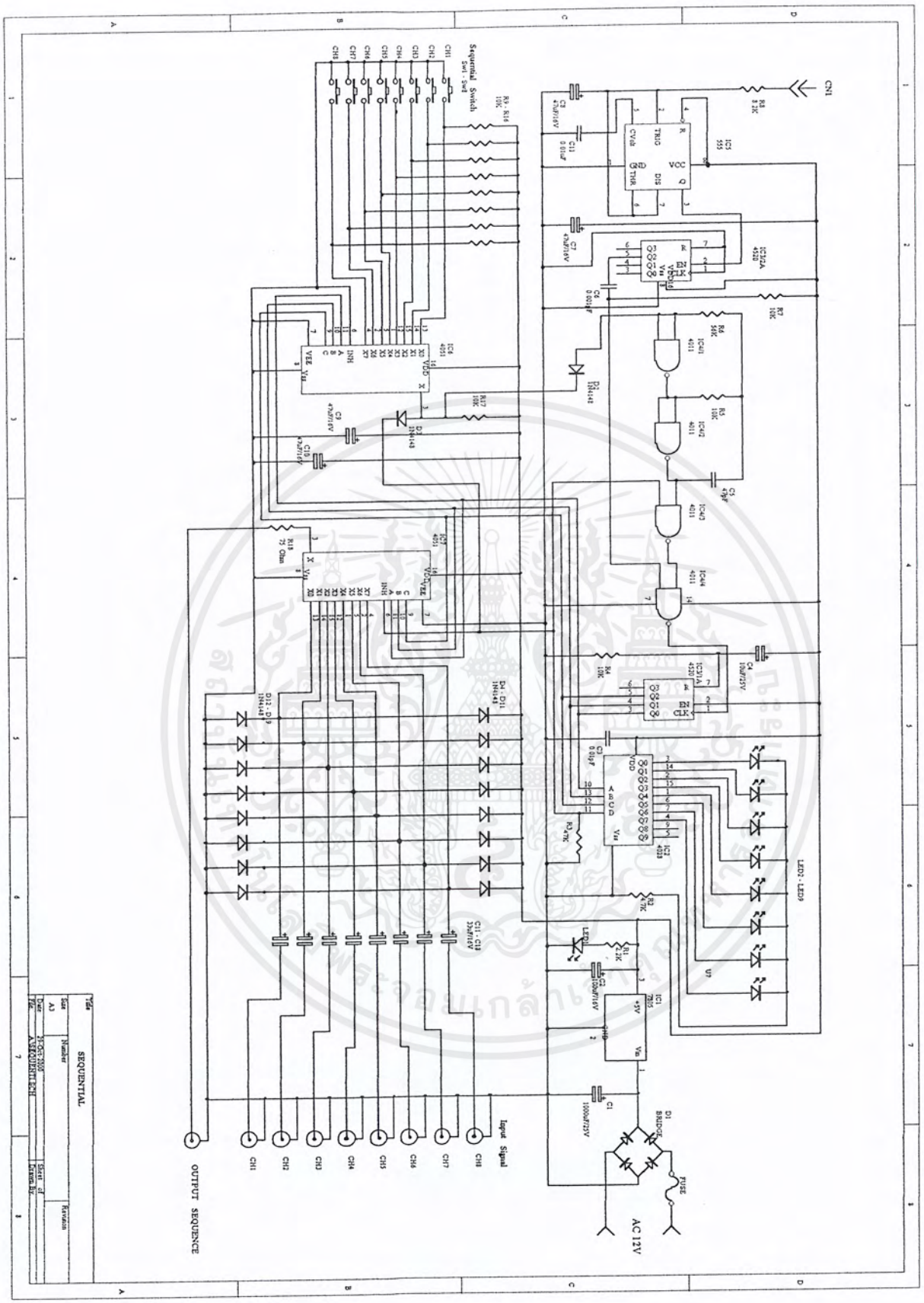
กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2532. เรียนเล่นใช้ไอซีดิจิตอล. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

กองบรรณาธิการ. 2530. "PAL ลอจิกเกตสารพัดนึก." เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิคส์. 7(83) : 150-161.

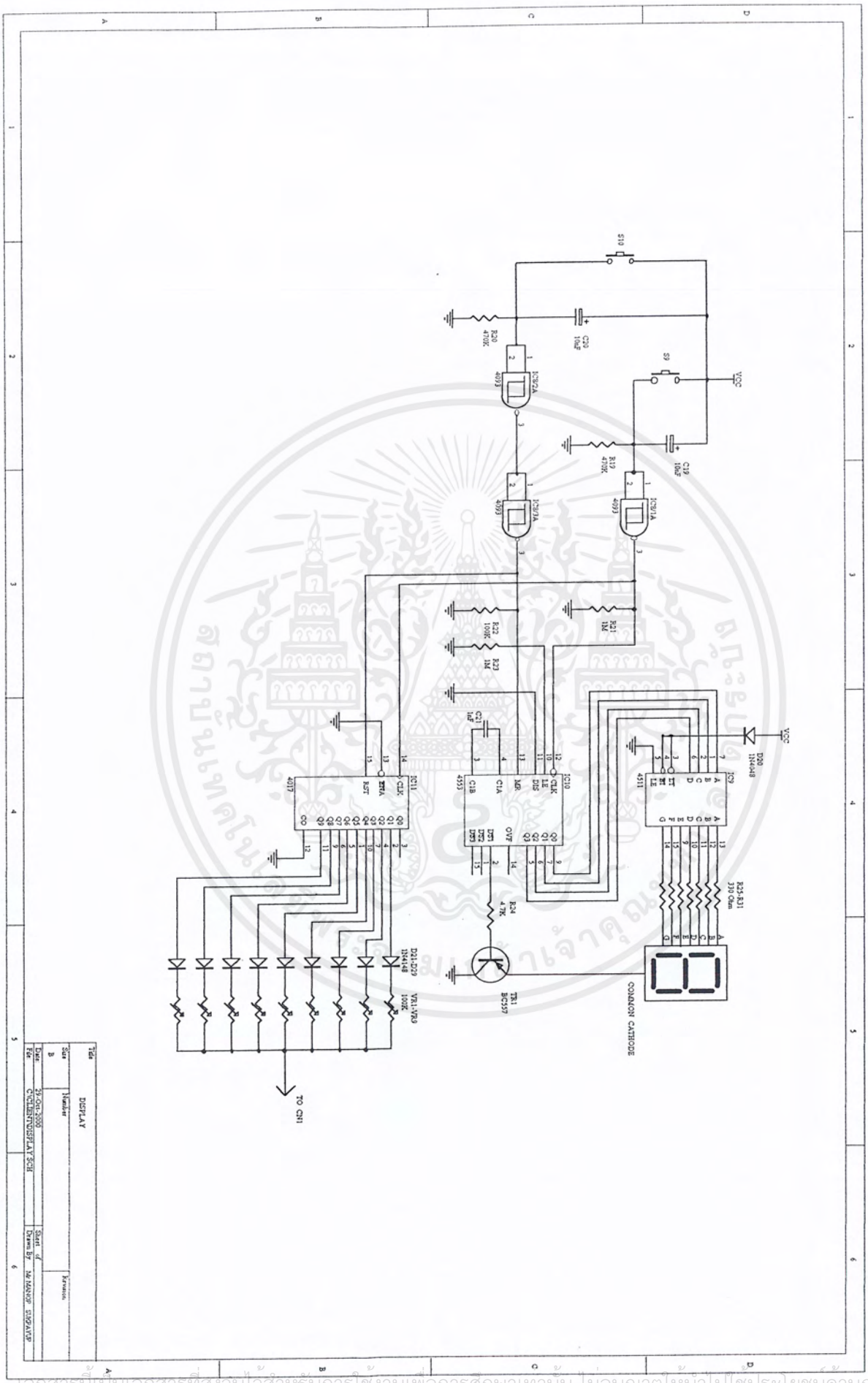
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

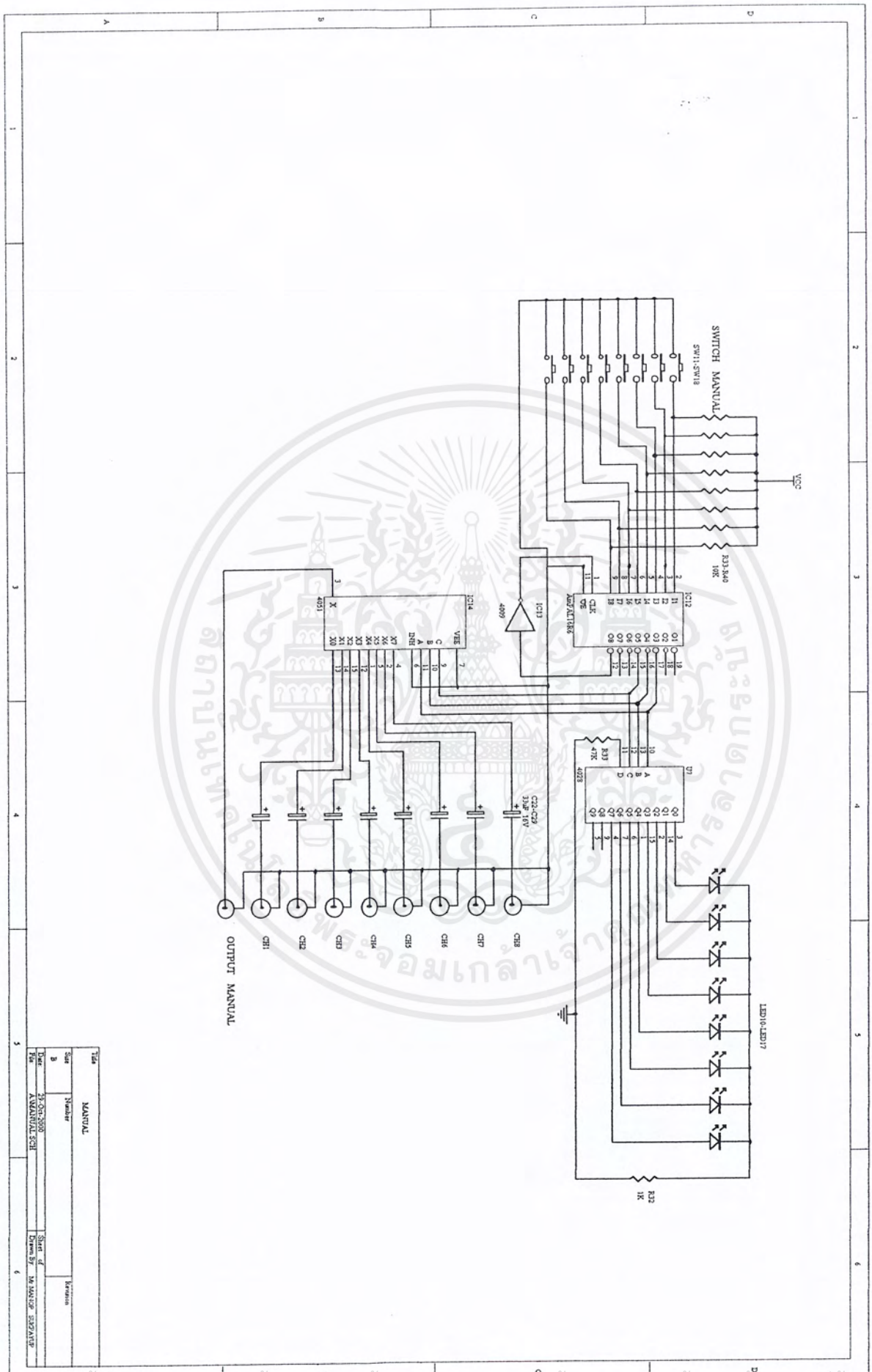
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



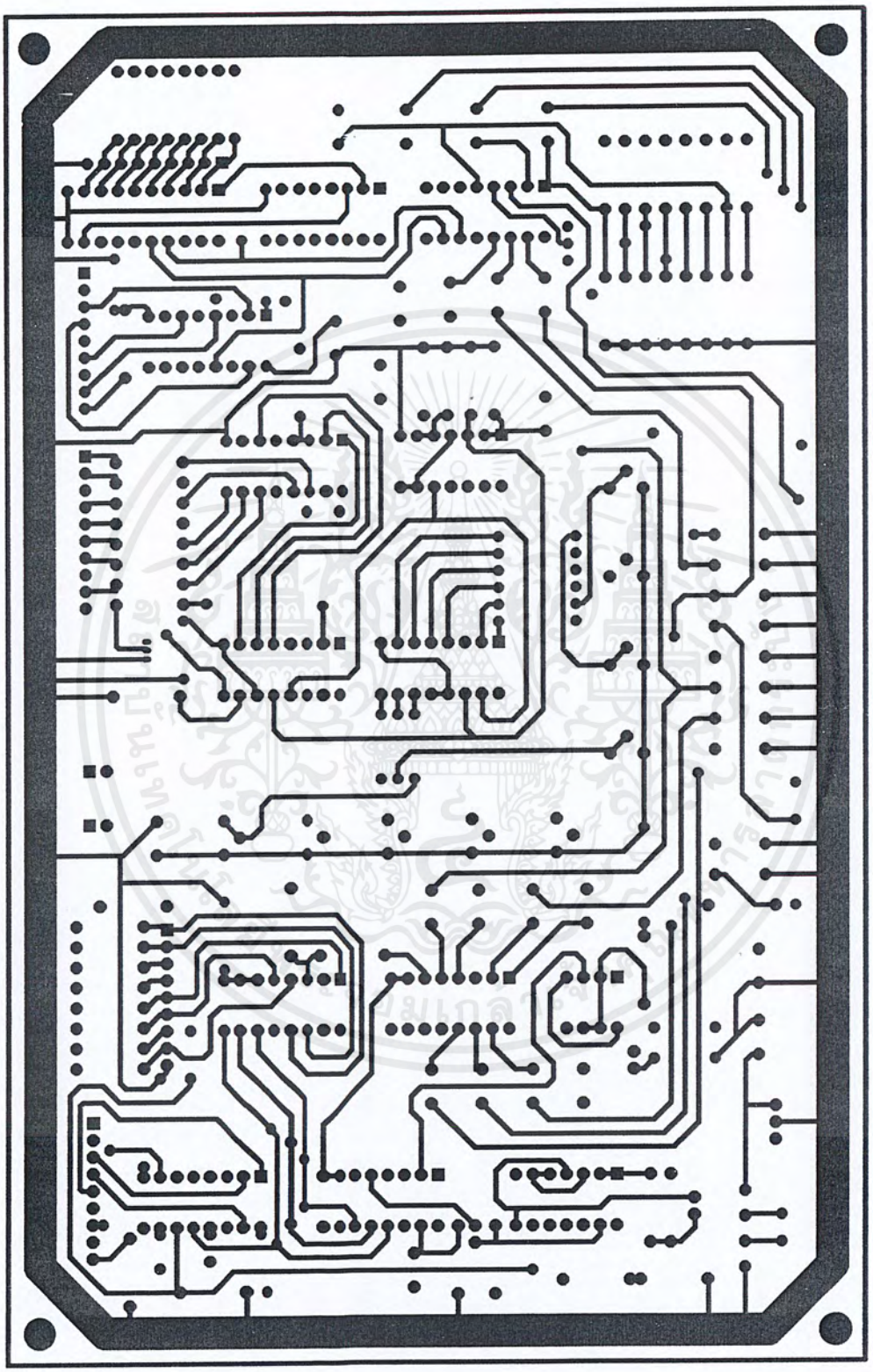

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

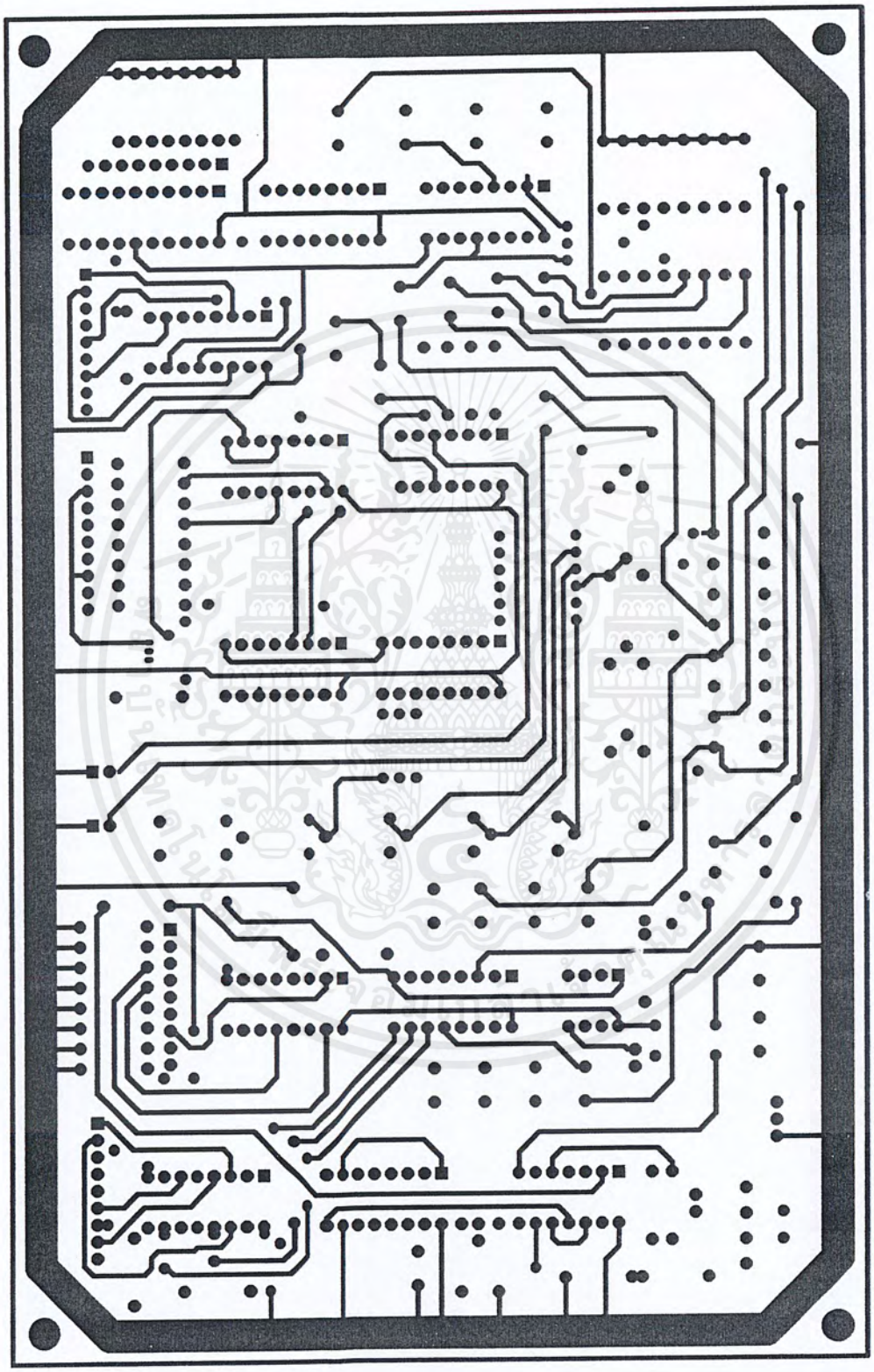



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



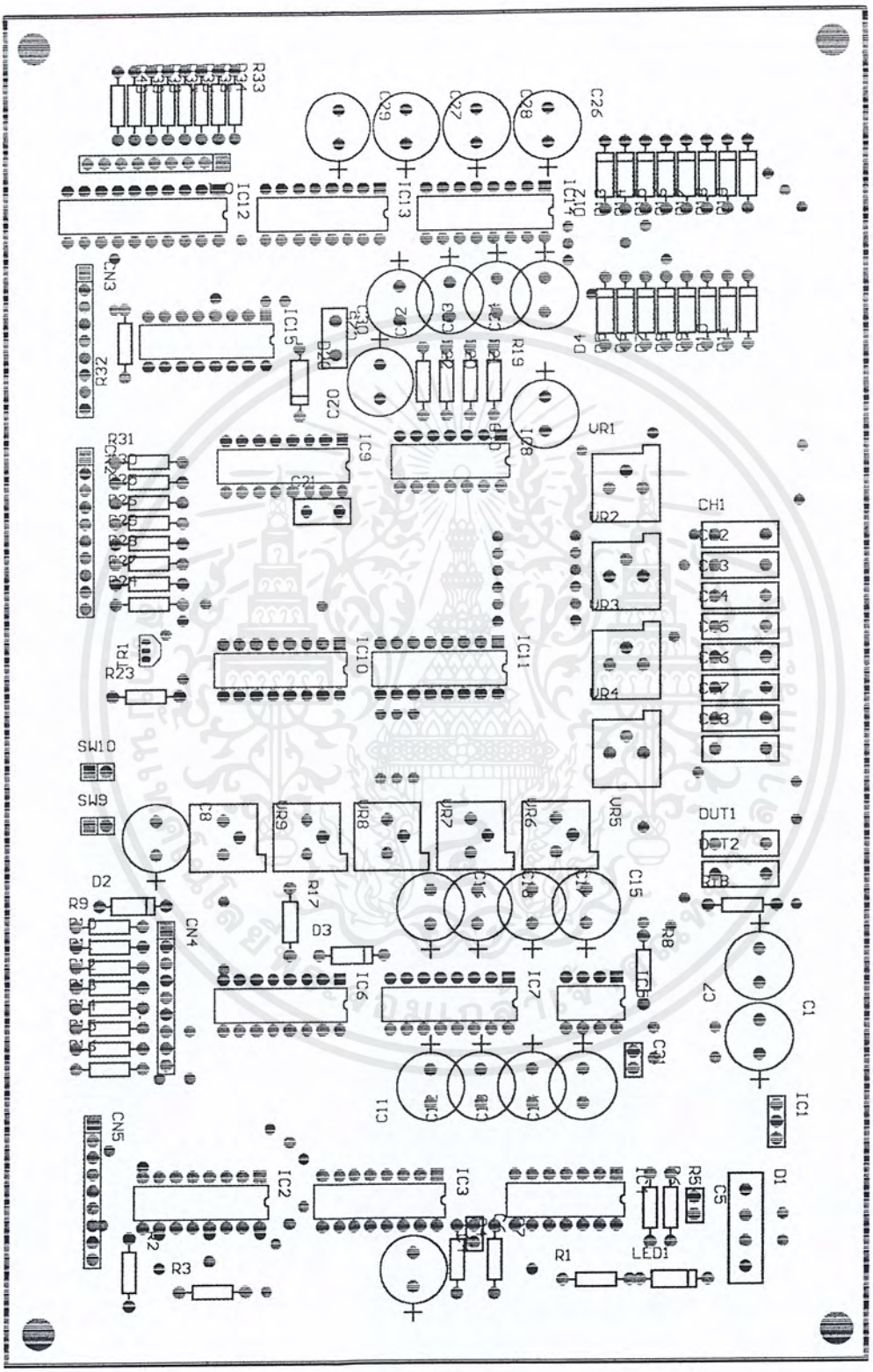
ลายแผ่นวงจรพิมพ์ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



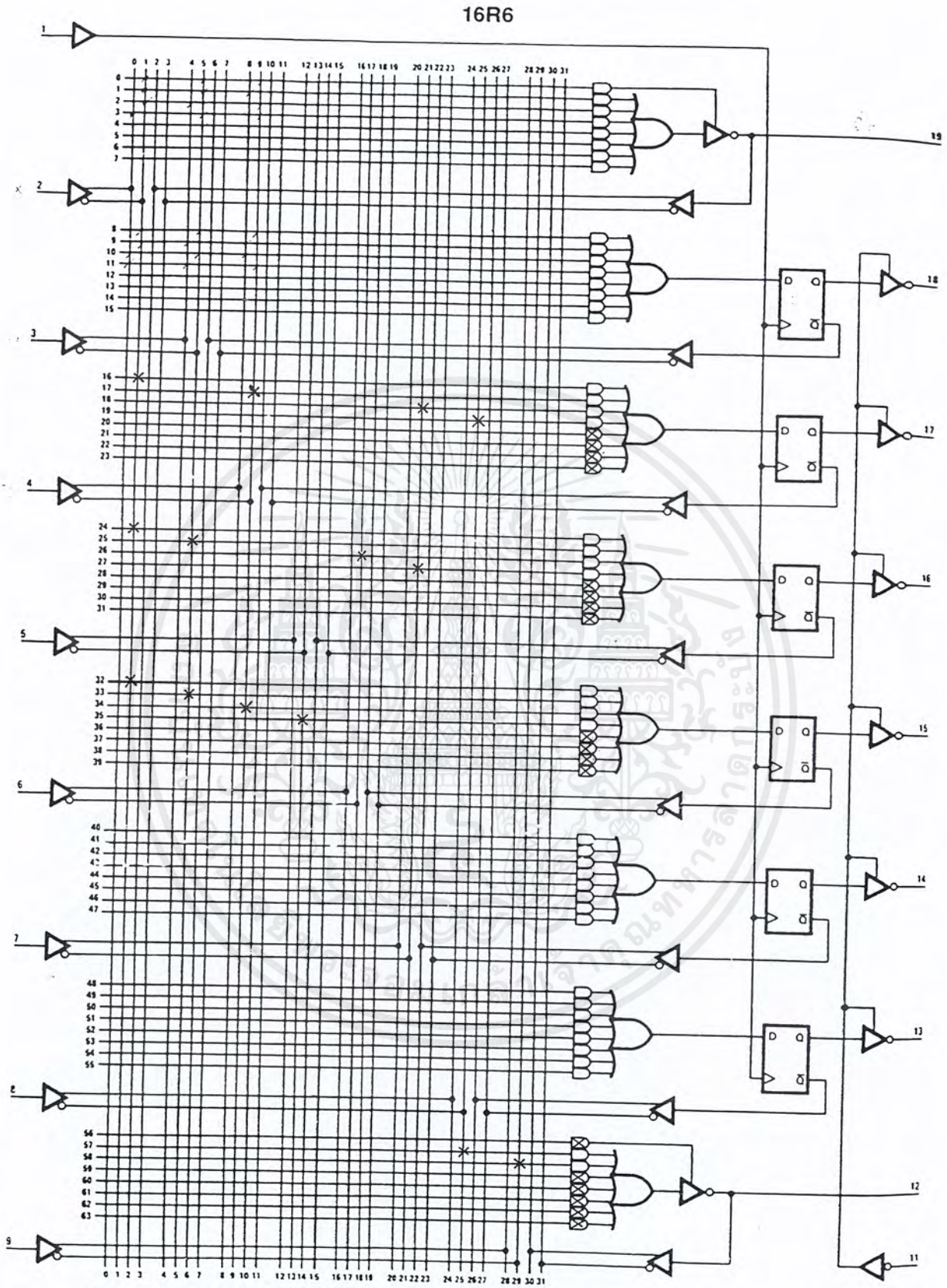
ลายแผ่นวงจรพิมพ์ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




แสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




PAL16R6 logic diagram. (Copyright © 1991 Advanced Micro Devices, Inc. Reprinted with persmision of copyright owner. All rights reserved.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SCL4051B, SCL4052B SCL4053B

# CMOS ANALOG MULTIPLEXERS /DEMULTIPLEXERS

## FEATURES

- Wide Range of Digital and Analog Signal Levels: Digital-3 to 15V, Analog-to $15V_{p-p}$
- Low ON-Resistance: $80\Omega$ (typ.) over entire $15V_{p-p}$ Signal-Input Range for $V_{DD}$-$V_{EE}$ = 15V
- High OFF-Resistance: Input Leakage ± 10pA (typ) @ $V_{DD}$-$V_{EE}$ = 10V
- Logic-Level Conversion for Digital Addressing Signals of 3 to 15V ($V_{DD}$-$V_{SS}$= 3V to 15V) to Switch Analog Signals to $15V_{p-p}$ ($V_{DD}$-$V_{EE}$ = 15V)
- Matched Switch Characteristics: $\Delta R_{ON}$ = $5\Omega$ (typ.) for $V_{DD}$-$V_{EE}$ = 18V
- Very Low Quiescent Power Dissipation under all Digital Control Input and Supply Conditions: $1\mu W$ typ. @ $V_{DD}$-$V_{SS}$ = $V_{DD}$-$V_{EE}$ = 10V
- Binary Address Decoding on Chip

## DESCRIPTION

The SCL4051B, SCL4052B, and SCL4053B are Digitally-Controlled Analog Switches having low ON-impedance and very low OFF leakage current. Control of analog signals up to $15V_{p-p}$ can be achieved by digital signal amplitudes of 3 to 15V. For example, if $V_{DD}$ = +5V, $V_{SS}$ = 0V, and $V_{EE}$ = -5V, analog signals from -5V to +5V can be controlled by digital inputs of 0 to 5V. The multiplexer circuits dissipate extremely low quiescent power over the full $V_{DD}$ - $V_{SS}$ and $V_{DD}$ - $V_{EE}$ supply-voltage ranges, independent of the logic state of the control signals. When a logic "1" is present at the Inhibit input terminal all channels are OFF.

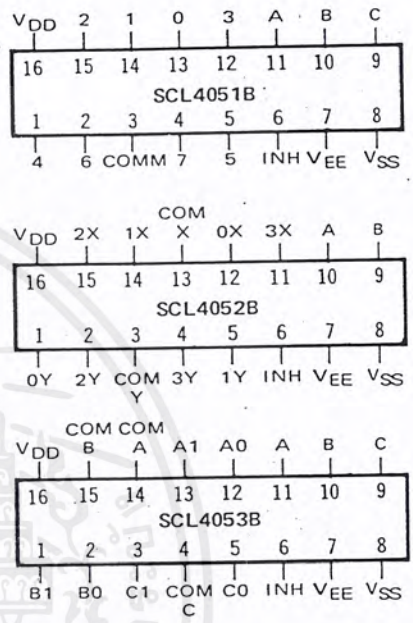
SCL4051B is a Single 8-Channel Multiplexer having three binary Control inputs, A, B, and C, and an Inhibit input. The three binary signals select 1 of 8 channels to be turned ON and connect the input to the output.

SCL4052B is a Differential 4-Channel Multiplexer having two binary Control inputs, A and B, and an Inhibit input. The two binary input signals select 1 of 4 pairs of channels to be turned on and connect the differential analog inputs to the differential outputs.

SCL4053B is a Triple 4-Channel Multiplexer having three separate digital Control inputs, A, B, and C and an Inhibit input. Each control input selects one of a pair of channels which are connected in a single-pole double-throw configuration.

When the devices are used as demultiplexers, the "CHANNEL IN/OUT" terminals are the outputs and the "COMMON OUT/IN" terminal(s) is (are) the input(s).

## CONNECTION DIAGRAMS
(all packages)




**Add suffix for package:**

| | |
|---|---|
| C | 16-pin Cerdip |
| D | 16-pin Ceramic |
| E | 16-pin Epoxy |
| F | 16-pin Flat |
| H | Chip |

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

**For maximum reliability:**

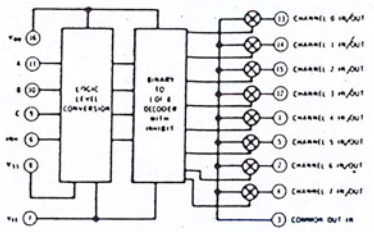
| | | | |
|---|---|---|---|
| DC Supply Voltage | $V_{DD}$ - $V_{SS}$ | 3 to 15 | Vdc |
| | $V_{DD}$ - $V_{EE}$ | 3 to 15 | Vdc |
| Operating Temperature | $T_A$ | | |
| C, D, F, H Device | | -55 to +125 | °C |
| E Device | | -40 to +85 | °C |

NOTE: There are no restrictions on the relative magnitudes of $V_{SS}$ and $V_{EE}$, providing Absolute Maximum Ratings are observed.

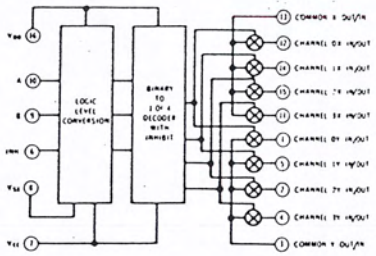
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4051B, SCL4052B, SCL4053B

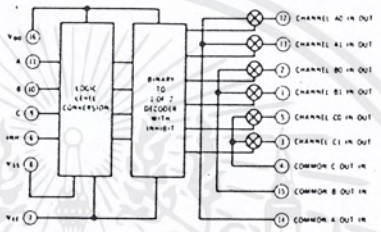
## LOGIC DIAGRAMS



SCL4051B
Single 8-Channel Multiplexer



SCL4052B
Differential 4-Channel Multiplexer



SCL4053B
Triple 2-Channel Multiplexer

## TRUTH TABLE

| INPUT STATES | | | | "ON" CHANNELS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| INHIBIT | C | B | A | 4051 | 4052 | 4053 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Ox, Oy | cx, bx, ax |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1x, 1y | cx, bx, ay |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2x, 2y | cx, by, ax |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3x, 3y | cx, by, ay |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | | cy, bx, ax |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | | cy, bx, ay |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 6 | | cy, by, ax |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | | cy, by, ay |
| 1 | * | * | * | NONE | NONE | NONE |

* = Don't care

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### STATIC CHARACTERISTICS [1,3]

| PARAMETER | | CONDITIONS | $V_{SS}$ (Vdc) | $V_{DD}$ (Vdc) | $V_{EE}$ (Vdc) | $T_{LOW}$ [2] Min. | $T_{LOW}$ [2] Max. | +25°C Min. | +25°C Typ. | +25°C Max. | $T_{HIGH}$ [2] Min. | $T_{HIGH}$ [2] Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| QUIESCENT DEVICE CURRENT | $I_{DD}$ | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ All valid input combinations | 0 | +5 | 0 | – | 5 | – | 0.05 | 5 | – | 150 | μAdc |
| | | | 0 | +10 | 0 | – | 10 | – | 0.1 | 10 | – | 300 | |
| | | | | +5 | -5 | | | | | | | | |
| | | | 0 | +15 | 0 | – | 20 | – | 0.2 | 20 | – | 600 | |
| | | | | +7.5 | -7.5 | | | | | | | | |
| MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE (Control and Inhibit Inputs) | $V_{IN}$ | $V_{is}=V_{EE}$ $V_{os}=V_{DD}$ $I_{os}=10\mu A$ | 0 | 5 | 0 | – | 3.5 | – | 2.75 | 3.5 | – | 3.5 | Vdc |
| | | | 0 | 10 | 0 | – | 7.0 | – | 5.5 | 7.0 | – | 7.0 | |
| | | | 0 | 15 | 0 | – | 11.0 | – | 8.25 | 11.0 | – | 11.0 | |
| MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE (Control and Inhibit Inputs) | $V_{IL}$ | $V_{is}=V_{EE}$ $V_{os}=V_{DD}$ $I_{os}=10\mu A$ | 0 | 5 | 0 | 1.5 | – | 1.5 | 2.25 | – | 1.5 | – | Vdc |
| | | | 0 | 10 | 0 | 3.0 | – | 3.0 | 4.5 | – | 3.0 | – | |
| | | | 0 | 15 | 0 | 4.0 | – | 4.0 | 6.75 | – | 4.0 | – | |
| SWITCH INPUT/ OUTPUT LEAKAGE Any channel OFF | $I_{OFF}$ | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ $V_{is}=\pm 7.5$Vdc | 0 | +7.5 | -7.5 | – | ±100 | – | ±0.01 | ±100 | – | ±500 | nAdc |
| All channels OFF | $I_{OFF}$ | Inh = 7.5Vdc $V_{is}=\pm 7.5$Vdc | 0 | ±7.5 | -7.5 | | | | | | | | |
| | | SCL4051B | | | | – | ±400 | – | ±0.08 | ±400 | – | ±1000 | nAdc |
| | | SCL4052B | | | | – | ±200 | – | ±0.04 | ±200 | – | ±1000 | |
| | | SCL4053B | | | | – | ±100 | – | ±0.02 | ±100 | – | ±1000 | |
| ON-RESISTANCE C, D, F, H device | $R_{ON}$ | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ $V_{EE}\leq V_{is}\leq V_{DD}$ $R_L=10k\Omega$ | -7.5 | +7.5 | -7.5 | | | | | | | | |
| | | | 0 | +15 | 0 | – | 220 | – | 125 | 280 | – | 400 | Ω |
| | | | -5 | +5 | -5 | | | | | | | | |
| | | | 0 | +10 | 0 | – | 310 | – | 180 | 400 | – | 580 | Ω |
| | | | -2.5 | +2.5 | -2.5 | | | | | | | | |
| | | | 0 | +5 | 0 | – | 2000 | – | 470 | 2500 | – | 3500 | Ω |
| E device | $R_{ON}$ | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ $V_{EE}\leq V_{is}\leq V_{DD}$ $R_L=10k\Omega$ | -7.5 | +7.5 | -7.5 | | | | | | | | |
| | | | 0 | +15 | 0 | – | 230 | – | 125 | 280 | – | 360 | Ω |
| | | | -5 | +5 | -5 | | | | | | | | |
| | | | 0 | +10 | 0 | – | 330 | – | 180 | 400 | – | 520 | Ω |
| | | | -2.5 | +2.5 | -2.5 | | | | | | | | |
| | | | 0 | +5 | 0 | – | 2100 | – | 470 | 2500 | – | 3200 | Ω |
| ON-RESISTANCE MATCH (Same Package) | $\Delta R_{ON}$ | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ $V_{EE}\leq V_{is}\leq V_{DD}$ $R_L=10k\Omega$ | 7.5 | +7.5 | 7.5 | | | | | | | | |
| | | | 0 | +15 | 0 | – | – | – | 5 | – | – | – | Ω |
| | | | -5 | +10 | -5 | | | | | | | | |
| | | | 0 | +10 | 0 | – | – | – | 10 | – | – | – | Ω |
| | | | -2.5 | +2.5 | -2.5 | | | | | | | | |
| | | | 0 | +5 | 0 | – | – | – | 50 | – | – | – | Ω |

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications"

[2] $T_{LOW}$ = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
$T_{HIGH}$ = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

[3] These devices have been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

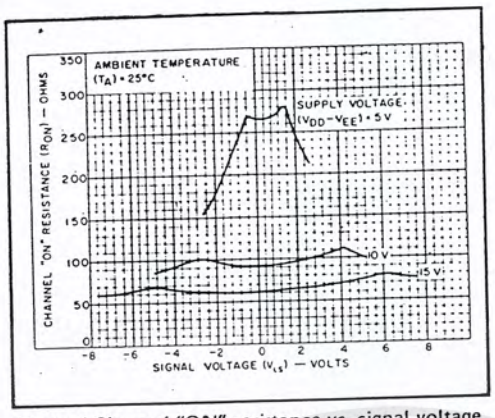
## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

DYNAMIC CHARACTERISTICS ($C_L$ = 50pF, $T_A$ = 25°C)

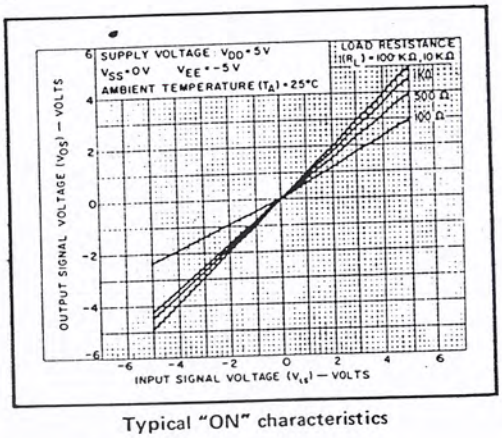
| PARAMETER | | CONDITIONS | $V_{SS}$ (Vdc) | $V_{DD}$ (Vdc) | $V_{EE}$ (Vdc) | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SIGNAL INPUTS ($V_{is}$) AND OUTPUTS ($V_{os}$) | | | | | | | | | |
| PROPAGATION DELAY TIME<br>Signal Input to Signal Output | $t_{PLH}$<br>$t_{PHL}$ | Inh = $V_{SS}$<br>$V_{IN}$ = $V_{SS}$ or $V_{DD}$<br>$V_{is}$ = Square Wave<br>$R_L$ = 10kΩ | 0<br>0<br>0 | 5<br>10<br>15 | 0<br>0<br>0 | –<br>–<br>– | 30<br>15<br>12.5 | 60<br>30<br>25 | ns |
| BANDWIDTH (-3dB)<br>(Sine Wave) | BW | Inh = $V_{SS}$ $R_L$<br>$V_{IN}$ = $V_{SS}$ 1kΩ<br>or $V_{DD}$ 10kΩ<br>$V_{is}$=5$V_{p-p}$ 100kΩ<br>centered 1MΩ<br>@ 0.0Vdc | 0 | +5 | -5 | –<br>–<br>–<br>– | 54<br>40<br>38<br>37 | –<br>–<br>–<br>– | MHz |
| INSERTION LOSS<br>$(= 20\log_{10}\frac{V_{os}}{V_{is}})$ | | Inh = $V_{SS}$ $R_L$<br>$V_{IN}$=$V_{SS}$ 1kΩ<br>or $V_{DD}$ 10kΩ<br>$V_{is}$=5$V_{p-p}$ 100kΩ<br>centered 1MΩ<br>@ 0.0Vdc | 0 | +5 | -5 | –<br>–<br>–<br>– | 2.3<br>0.2<br>0.1<br>0.05 | –<br>–<br>–<br>– | dB |
| SIGNAL DISTORTION<br>(Sine Wave) | | Inh = $V_{SS}$<br>$V_{IN}$ = $V_{SS}$ or $V_{DD}$<br>$V_{is}$ = 5$V_{p-p}$<br>centered<br>@ 0.0Vdc<br>$f_{is}$ = 1.0kHz<br>$R_L$ = 10kΩ | -7.5<br>-5<br>-2.5 | +7.5<br>+5<br>+2.5 | -7.5<br>-5<br>-2.5 | –<br>–<br>– | 0.1<br>0.2<br>1.0 | –<br>–<br>– | % |
| FEEDTHROUGH<br>(-40dB) | | Inh = $V_{SS}$ $R_L$<br>$V_{IN}$=$V_{SS}$ 1kΩ<br>or $V_{DD}$ 10kΩ<br>$V_{is}$=5$V_{p-p}$ 100kΩ<br>centered 1MΩ<br>@0.0Vdc | 0 | +5 | -5 | –<br>–<br>–<br>– | 1250<br>140<br>18<br>2 | –<br>–<br>–<br>– | kHz |
| CROSSTALK (-40dB)<br>Between two switches | | Inh = $V_{SS}$<br>$V_{IN}$= $V_{SS}$ or $V_{DD}$<br>$V_{is}$= 5$V_{p-p}$<br>centered<br>@ 0.0Vdc<br>$R_L$ = 1.0kΩ | 0 | +5 | -5 | – | 1.0 | – | MHz |
| CAPACITANCE<br>Input | $C_{is}$ | Inh = $V_{DD}$ | 0 | +5 | -5 | – | 5 | – | pF |
| Common | $C_{os}$ | SCL4051B<br>SCL4052B<br>SCL4053B | 0 | +5 | -5 | –<br>–<br>– | 30<br>18<br>10 | –<br>–<br>– | pF |
| Feedthrough | $C_{ios}$ | | 0 | +5 | -5 | – | 0.2 | – | pF |
| CONTROL INPUTS | | | | | | | | | |
| PROPAGATION DELAY TIME[1]<br>Turn on | $t_{PLH}$,<br>$t_{PHL}$ | Inh = $V_{SS}$<br>$V_{EE} \leq V_{is} \leq V_{DD}$<br>$R_L$ = 10kΩ | 0<br>0<br>0<br>0<br>-2.5<br>0 | +7.5<br>+15<br>+5<br>+10<br>+2.5<br>+5 | -7.5<br>0<br>-5<br>0<br>-2.5<br>0 | –<br>–<br>–<br>–<br>–<br>– | 160<br>120<br>225<br>160<br>400<br>360 | 320<br>240<br>450<br>320<br>800<br>720 | ns |
| INHIBIT INPUT | | | | | | | | | |
| PROPAGATION DELAY TIME<br>Turn on | $t_{PLH}$,<br>$t_{PHL}$ | $V_{IN}$=$V_{SS}$ or $V_{DD}$<br>$V_{is}$ = $V_{DD}$<br>$R_L$ = 10kΩ | 0<br>0<br>0<br>0<br>-2.5<br>0 | +7.5<br>+15<br>+5<br>+10<br>+2.5<br>+5 | -7.5<br>0<br>-5<br>0<br>-2.5<br>0 | –<br>–<br>–<br>–<br>–<br>– | 160<br>120<br>200<br>160<br>400<br>360 | 320<br>240<br>400<br>320<br>800<br>720 | ns |
| INHIBIT RECOVERY TIME[2] | $t_{rel}$ | $V_{IN}$=$V_{SS}$ or $V_{DD}$<br>$V_{EE} \leq V_{is} \leq V_{DD}$<br>$R_L$ = 10kΩ | 0<br>0<br>0<br>0<br>-2.5<br>0 | +7.5<br>+15<br>+5<br>+10<br>+2.5<br>+5 | -7.5<br>0<br>-5<br>0<br>-2.5<br>0 | –<br>–<br>–<br>–<br>–<br>– | 150<br>80<br>200<br>105<br>300<br>225 | 300<br>160<br>400<br>210<br>600<br>450 | ns |

Notes: [1] Channel Overlap time – interval following change of control input during which two channels may be ON simultaneously.
[2] Interval following removal of Inhibit during which channel information is invalid.

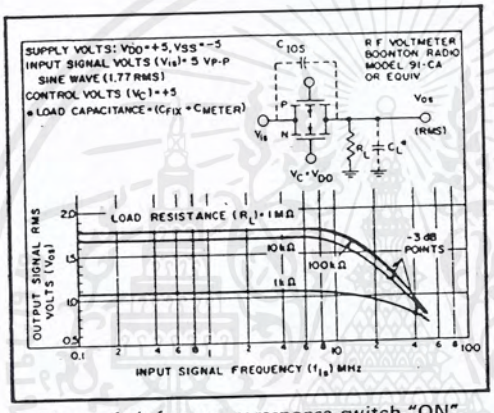
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



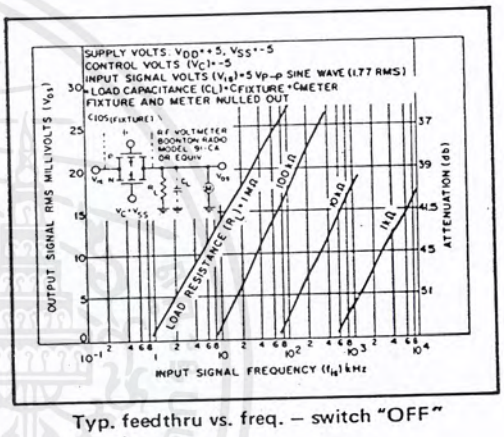

Typical Channel "ON" resistance vs. signal voltage



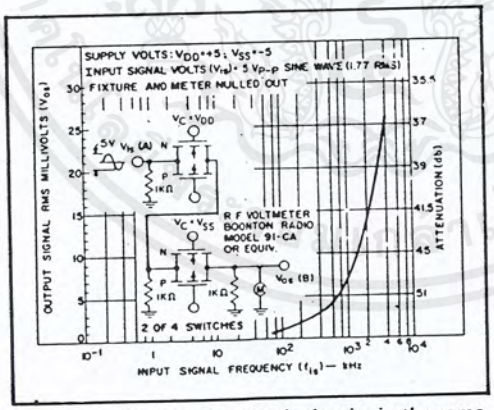

Typical "ON" characteristics




Typ. switch frequency response-switch "ON"

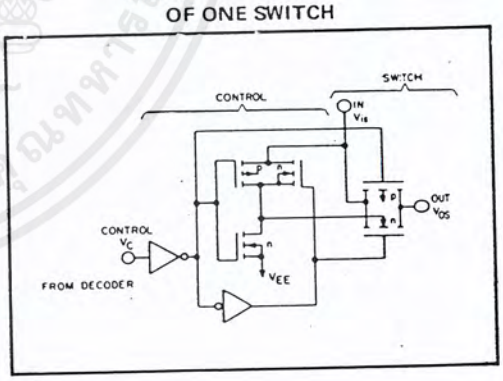



Typ. feedthru vs. freq. – switch "OFF"




Typ. crosstalk between switch circuits in the same package

SCHEMATIC DIAGRAM
OF ONE SWITCH




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SCL4011UB

# CMOS NAND GATE (Unbuffered)

## FEATURES

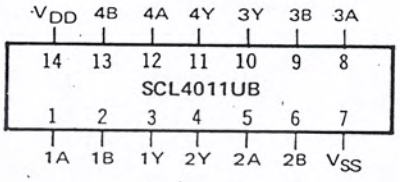
- Unbuffered Outputs for Quasi-Linear Applications
- Quad 2-Input NAND Configuration
- Diode Protection on all Inputs
- Output Drive Current Compatible with "B" Series
- Pin Compatible with Buffered SCL4011B
- Balanced Output Drive Current Specifications

## DESCRIPTION

The SCL4011UB consists of four positive-logic NAND gates. The outputs are unbuffered, making the device suitable for quasi-linear applications, such as gated oscillators, multivibrators, and pulse shaping circuits.

For digital applications, the buffered SCL4011B is recommended for its higher gain and input pattern insensitivity.

## 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

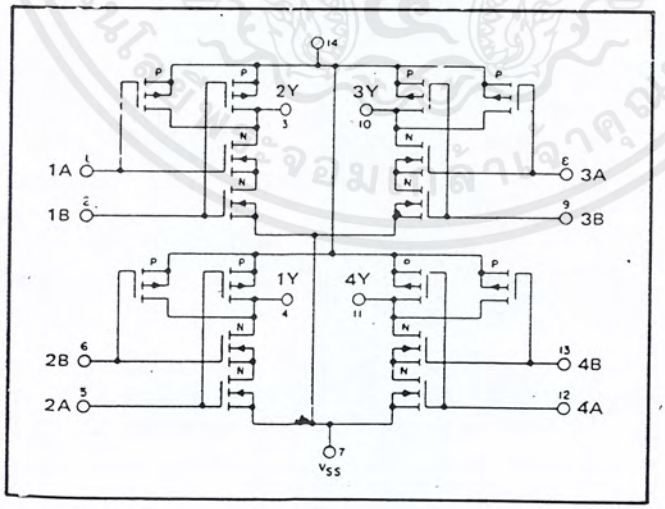
| Inputs | Output |
|---|---|
| 1 1 | 0 |
| All other combinations | 1 |

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

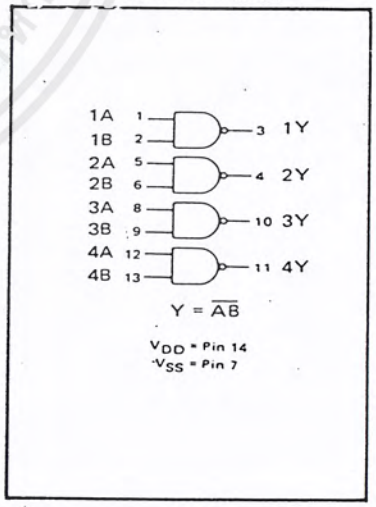
For maximum reliability:

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

## SCHEMATIC DIAGRAM




## LOGIC DIAGRAM




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4011UB

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

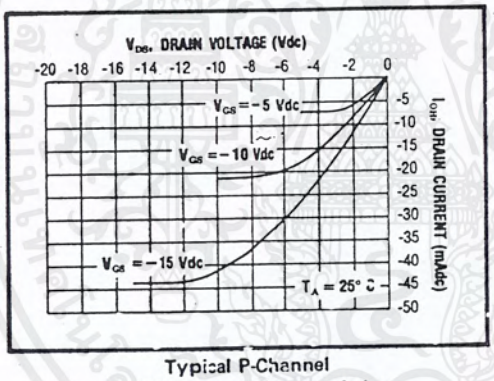
### STATIC CHARACTERISTICS [1, 3]

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | CONDITIONS | $T_{LOW}$ [2] | | +25°C | | | $T_{HIGH}$ [2] | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Min. | Max. | Min. | Typ. | Max. | Min. | Max. | |
| QUIESCENT DEVICE CURRENT | $I_{DD}$ | 5 | $V_{IN} = V_{SS}$ or $V_{DD}$ | – | 0.05 | – | 0.0005 | 0.05 | – | 1.5 | μAdc |
| | | 10 | All valid input | – | 0.10 | – | 0.001 | 0.10 | – | 3.0 | |
| | | 15 | combinations | – | 0.20 | – | 0.002 | 0.20 | – | 6.0 | |

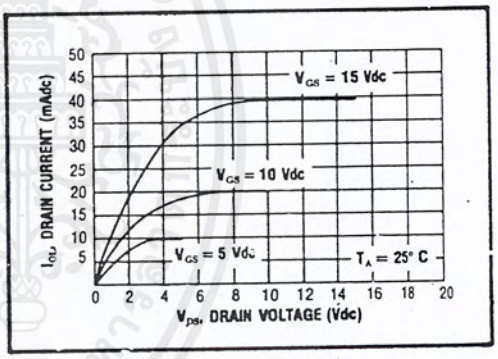
NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] $T_{LOW}$ = –55°C for C, D, F, H device.
= –40°C for E device.
$T_{HIGH}$ = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.
[3] This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

### DYNAMIC CHARACTERISTICS ($C_L$ = 50pF, $T_A$ = 25°C)

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PROPAGATION DELAY TIME | $t_{PLH}$, $t_{PHL}$ | 5 | – | 75 | 150 | ns |
| | | 10 | – | 35 | 70 | |
| | | 15 | – | 25 | 50 | |
| OUTPUT TRANSITION TIME | $t_{TLH}$, $t_{THL}$ | 5 | – | 100 | 200 | ns |
| | | 10 | – | 50 | 100 | |
| | | 15 | – | 40 | 80 | |



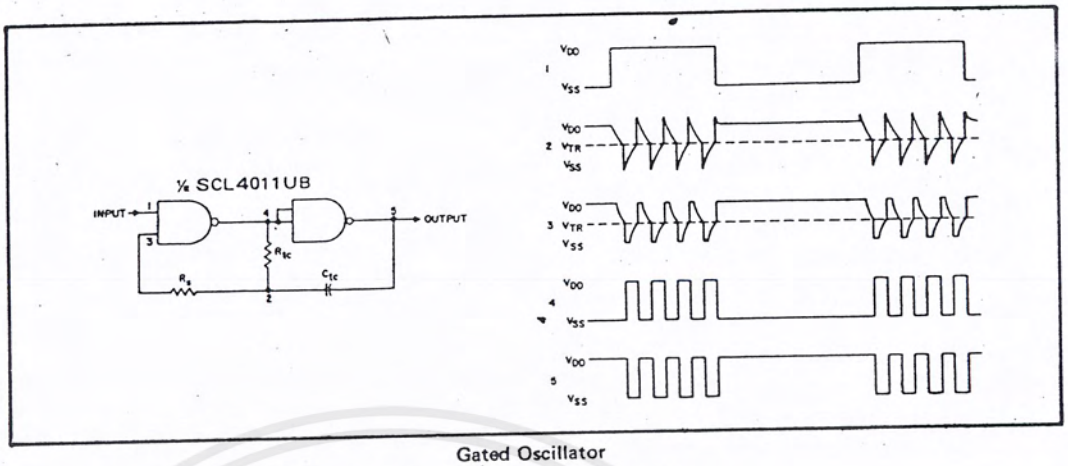

Typical P-Channel
Source Current Characteristics



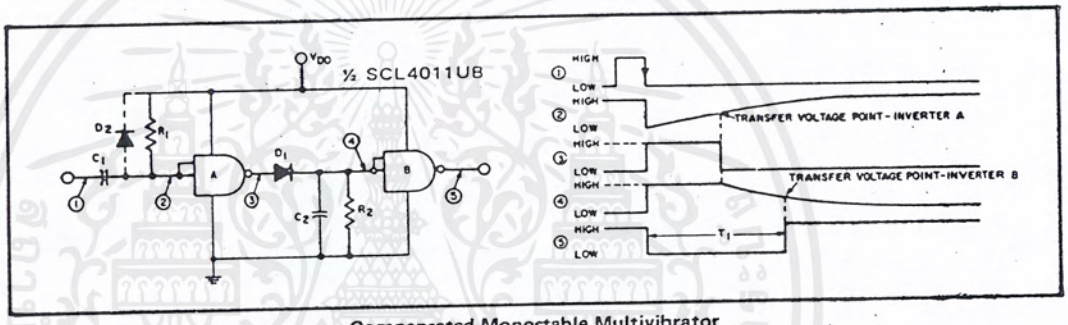

Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

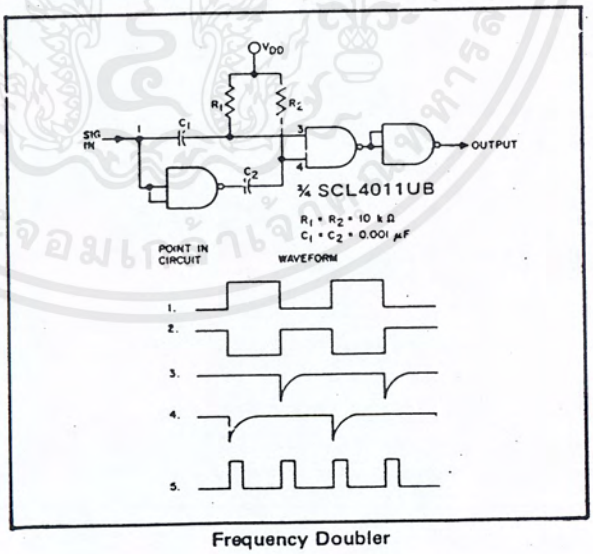
## APPLICATIONS INFORMATION




Gated Oscillator




Compensated Monostable Multivibrator
(Independent of Transfer Voltage)




Frequency Doubler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SCL4518B
# SCL4520B

# CMOS DUAL UP COUNTERS

## FEATURES

- Two Independent 4-Bit Counters
- Internally Synchronous for High Speed
- Dual BCD (SCL4518B) and Dual Binary (SCL4520B) Configurations
- Direct Reset
- Logic Edge-Clocked Design
- Trigger from either Edge of Clock Signal
- Static Operation— DC to 5MHz @ 10Vdc

## DESCRIPTION

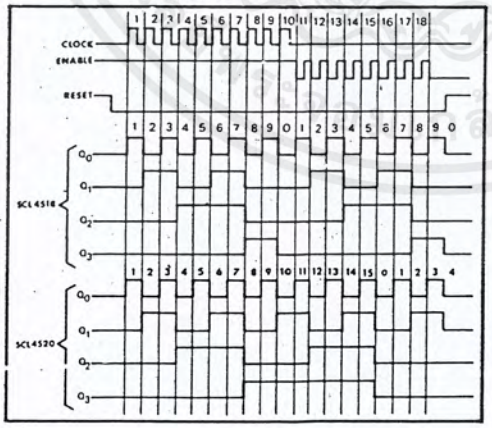
The SCL4518B Dual BCD Counter and the SCL4520B Dual Binary Counter are constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement-mode devices in a single monolithic structure. Each consists of two identical, independent, internally synchronous 4-stage counters. The counter stages are type-D flip-flops, with interchangeable Clock and Enable lines for incrementing on either the positive-going or negative-going transition as required when cascading multiple stages. Each counter can be cleared by applying a high level on the Reset line. In addition, the SCL4518B will count out of all undefined states within two clock periods. These complementary MOS up counters find primary use in multi-stage synchronous or ripple counting applications requiring low power dissipation and/or high noise immunity.

## TRUTH TABLE

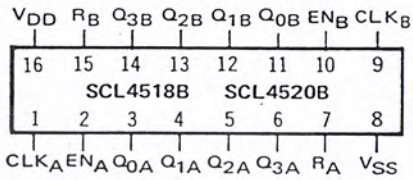
| CLOCK | ENABLE | RESET | ACTION |
|---|---|---|---|
| ⌐ | 1 | 0 | Increment Counter |
| 0 | ¬ | 0 | Increment Counter |
| ¬ | X | 0 | No Change |
| X | ⌐ | 0 | No Change |
| ⌐ | 0 | 0 | No Change |
| 1 | ¬ | 0 | No Change |
| X | X | 1 | Q0 thru Q3 = 0 |

X = Don't Care

## TIMING DIAGRAM




## CONNECTION DIAGRAM
(all packages)




Add suffix for package:

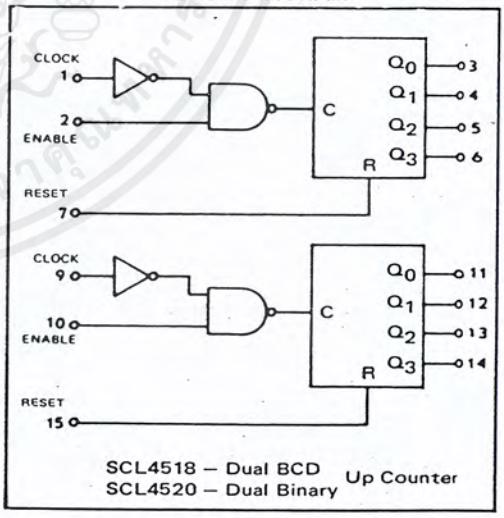
| | |
|---|---|
| C | 16-pin Cerdip |
| D | 16-pin Ceramic |
| E | 16-pin Epoxy |
| F | 16-pin Flat |
| H | Chip |

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

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

## BLOCK DIAGRAM




SCL4518 — Dual BCD
SCL4520 — Dual Binary
Up Counter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### STATIC CHARACTERISTICS

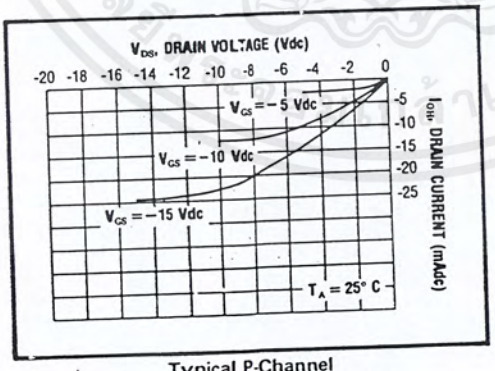
| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | CONDITIONS | $T_{LOW}$[2] | | +25°C | | | $T_{HIGH}$[2] | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Min. | Max. | Min. | Typ. | Max. | Min. | Max. | |
| QUIESCENT DEVICE CURRENT | $I_{DD}$ | 5 | $V_{IN} = V_{SS}$ or $V_{DD}$ All valid input combinations | – | 5 | – | 0.05 | 5 | – | 150 | μAdc |
| | | 10 | | – | 10 | – | 0.1 | 10 | – | 300 | |
| | | 15 | | – | 20 | – | 0.2 | 20 | – | 600 | |

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] $T_{LOW}$ = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
$T_{HIGH}$ = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

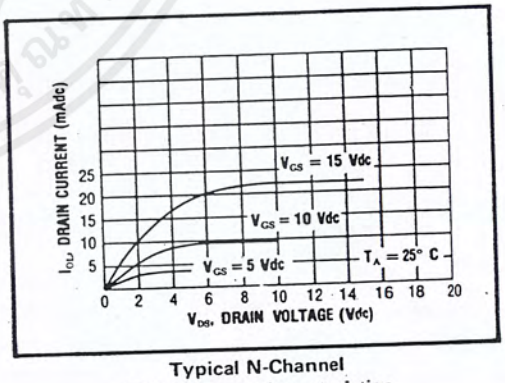
### DYNAMIC CHARACTERISTICS ($C_L$ = 50pF, $T_A$ = 25°C)

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CLOCKED OPERATION | | | | | | |
| PROPAGATION DELAY TIME From Clock or Clock Enable | $t_{PLH}, t_{PHL}$ | 5 | – | 225 | 450 | ns |
| | | 10 | – | 100 | 200 | |
| | | 15 | – | 80 | 160 | |
| OUTPUT TRANSITION TIME | $t_{TLH}, t_{THL}$ | 5 | – | 130 | 260 | ns |
| | | 10 | – | 65 | 130 | |
| | | 15 | – | 50 | 100 | |
| MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH | $PW_{CL}$ | 5 | – | 120 | 240 | ns |
| | | 10 | – | 50 | 100 | |
| | | 15 | – | 40 | 80 | |
| MINIMUM CLOCK ENABLE PULSE WIDTH | $PW_{CE}$ | 5 | – | 200 | 400 | ns |
| | | 10 | – | 90 | 180 | |
| | | 15 | – | 75 | 150 | |
| MAXIMUM CLOCK FREQUENCY | $f_{CL}$ | 5 | 1.0 | 2.0 | – | MHz |
| | | 10 | 2.5 | 5.0 | – | |
| | | 15 | 3.0 | 6.0 | – | |
| MAXIMUM CLOCK OR CLOCK ENABLE RISE & FALL TIME[1] | $t_{rCL}, t_{fCL}$ | 5 | 15 | – | – | μs |
| | | 10 | 5 | – | – | |
| | | 15 | 3 | – | – | |
| RESET OPERATION | | | | | | |
| PROPAGATION DELAY TIME | $t_{PHL}$ | 5 | – | 225 | 450 | ns |
| | | 10 | – | 100 | 200 | |
| | | 15 | – | 80 | 160 | |
| MINIMUM RESET PULSE WIDTH | $PW_R$ | 5 | – | 120 | 240 | ns |
| | | 10 | – | 50 | 100 | |
| | | 15 | – | 40 | 80 | |
| RESET REMOVAL TIME | $t_{rem}$ | 5 | – | 100 | 200 | ns |
| | | 10 | – | 50 | 100 | |
| | | 15 | – | 40 | 80 | |

[1] 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

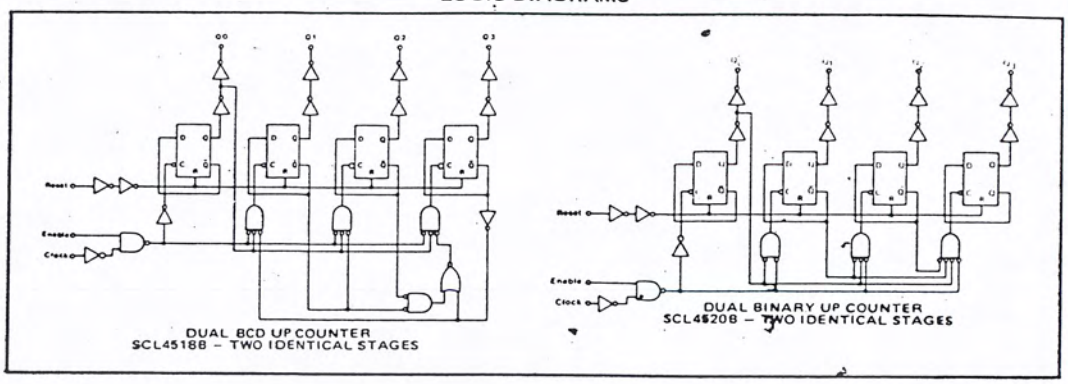



Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

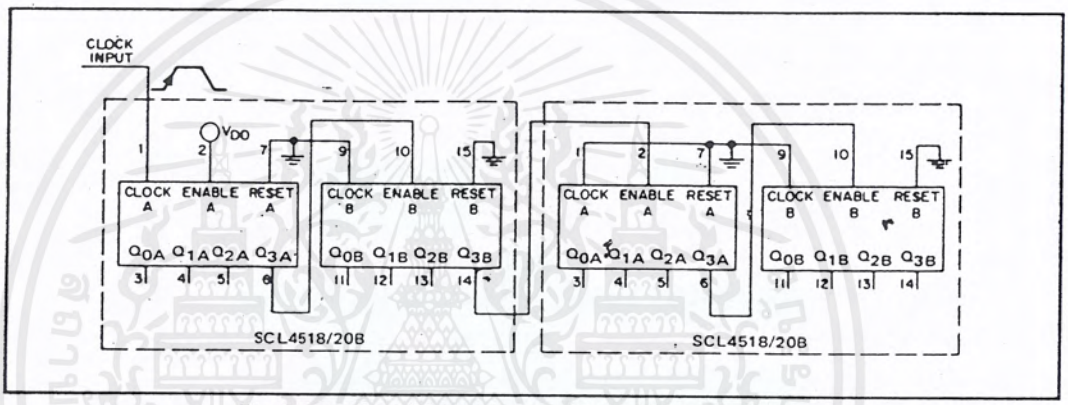
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4518B, SCL4520B

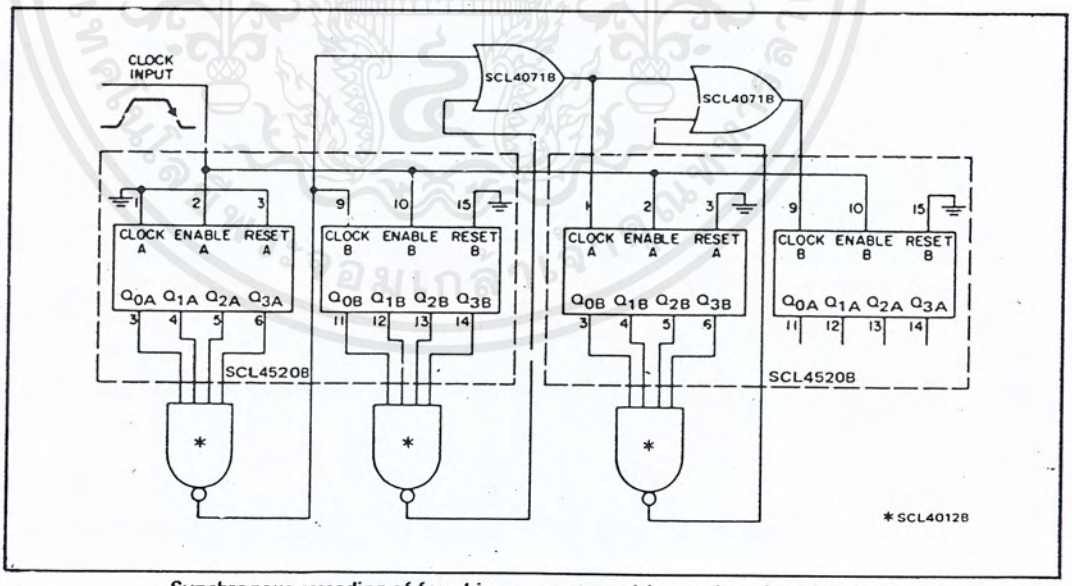
## LOGIC DIAGRAMS




## APPLICATIONS INFORMATION




Ripple cascading of four counters with positive-edge triggering.




Synchronous cascading of four binary counters with negative-edge triggering.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SCL4028B

# CMOS BCD-TO-DECIMAL DECODER

## FEATURES

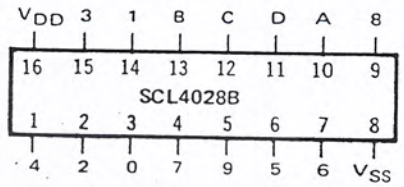
- BCD-to-Decimal or Binary-to-Octal Decoding
- Buffered Outputs go High on Selection
- Low Outputs for all Illegal Input Combinations
- Balanced Output Drive Current Specifications

## DESCRIPTION

The SCL4028B types are BCD-to-Decimal or Binary-to-Octal Decoders consisting of pulse shaping circuits on all 4 inputs, decoding/logic gates, and 10 output buffers. A BCD code applied to the four inputs, A to D, results in a high level at the selected one of 10 decimal decoded outputs. Similarly, a 3-bit binary code applied to inputs A through C is decoded in octal code at output 0 to 7. A high-level signal at the D input inhibits octal decoding and causes outputs 0 through 7 to go low. If unused, the D input must be connected to $V_{SS}$.

Expanded decoding such as binary-to-hexadecimal (1-of-16), etc., can be achieved by using other SCL4028B devices. This part is useful for code conversion, address decoding, memory selection control, demultiplexing, and readout decoding.

## CONNECTION DIAGRAM
(all packages)




**Add suffix for package:**

| | |
|---|---|
| C | 16-pin Cerdip |
| D | 16-pin Ceramic |
| E | 16-pin Epoxy |
| F | 16-pin Flat |
| H | Chip |

## TRUTH TABLE

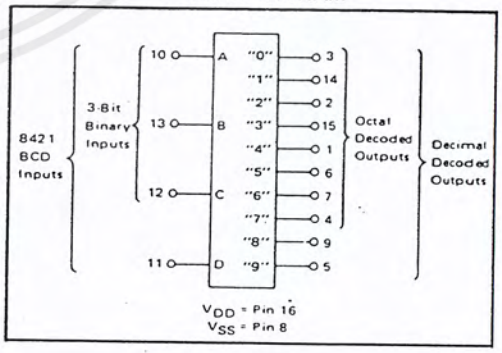
| Input | | | | Output | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | C | B | A | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

**For maximum reliability:**

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

## BLOCK DIAGRAM




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4028B

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

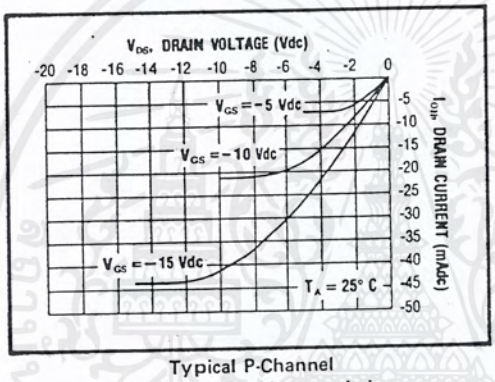
### STATIC CHARACTERISTICS [1, 3]

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | CONDITIONS | $T_{LOW}$ [2] | | +25°C | | | $T_{HIGH}$ [2] | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Min. | Max. | Min. | Typ. | Max. | Min. | Max. | |
| QUIESCENT DEVICE CURRENT | $I_{DD}$ | 5 | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | – | 5 | – | 0.05 | 5 | – | 150 | μAdc |
| | | 10 | All valid input | – | 10 | – | 0.1 | 10 | – | 300 | |
| | | 15 | combinations | – | 20 | – | 0.2 | 20 | – | 600 | |

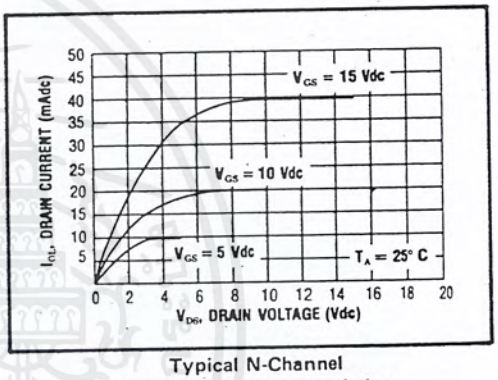
NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] $T_{LOW}$ = −55°C for C, D, F, H device.
= −40°C for E device.
$T_{HIGH}$ = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.
[3] This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

### DYNAMIC CHARACTERISTICS ($C_L$ = 50pF, $T_A$ = 25°C)

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PROPAGATION DELAY TIME | $t_{PLH}, t_{PHL}$ | 5 | – | 225 | 450 | ns |
| | | 10 | – | 100 | 200 | |
| | | 15 | – | 70 | 140 | |
| OUTPUT TRANSITION TIME | $t_{TLH}, t_{THL}$ | 5 | – | 100 | 200 | ns |
| | | 10 | – | 50 | 100 | |
| | | 15 | – | 40 | 80 | |

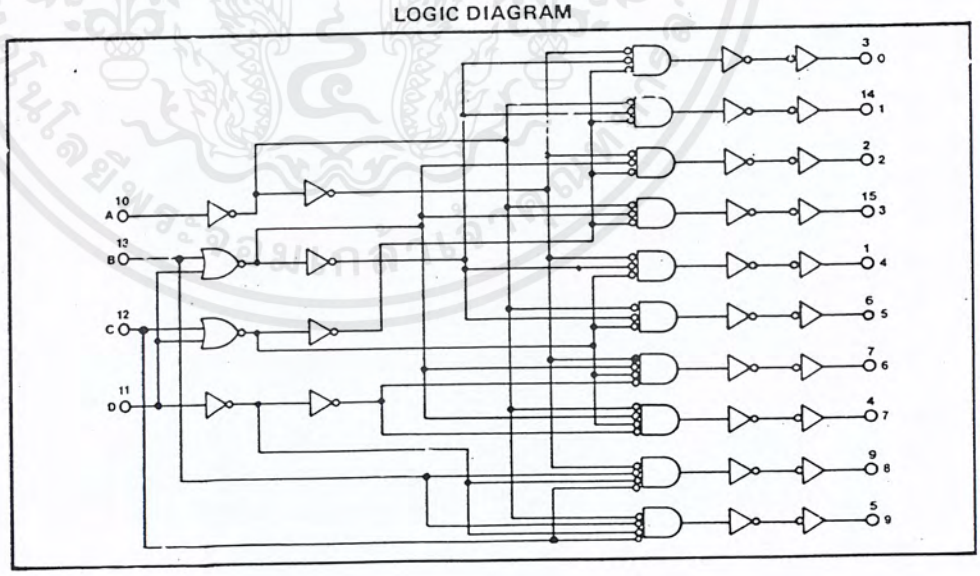



Typical P-Channel
Source Current Characteristics




Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

### LOGIC DIAGRAM

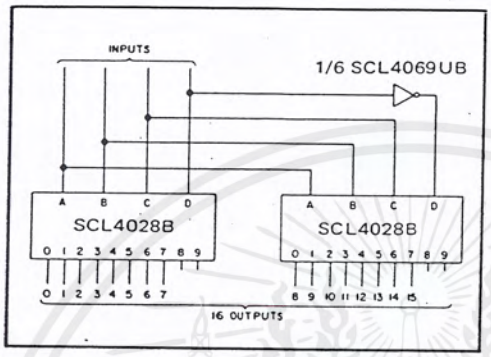



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## APPLICATIONS INFORMATION

### CODE CONVERSION CIRCUIT

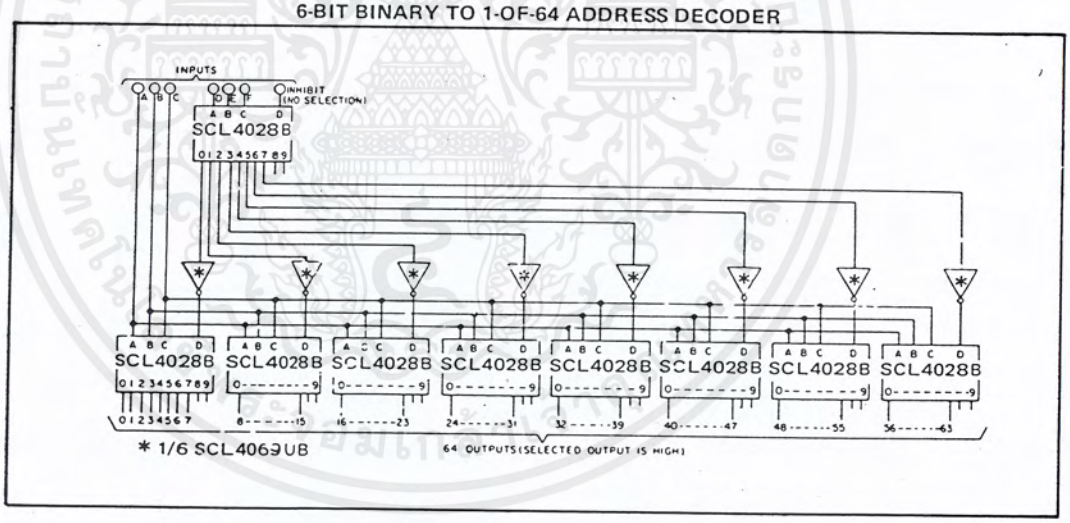
The circuit shown here converts any 4-bit code to a decimal or hexadecimal code. The table shows a number of codes and the decimal or hexadecimal number in these codes which must be applied to the input terminals of the SCL4028B to select a particular output. For example: in order to get a "high" on output No. 8 the input must be either an 8 expressed in 4-Bit Binary code, a 15 expressed in 4-Bit Gray code, or a 5 expressed in Excess-3 code.




| INPUTS | | | | INPUT CODES | | | | | | OUTPUT NUMBER | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Hexa Decimal | Decimal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | C | B | A | 4BIT BINARY | 4BIT GRAY | EXCESS 3 | EXCESS 3 GRAY | AIKEN | 4221 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 | | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 0 | 3 | 3 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 7 | 1 | 4 | 4 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | 6 | 2 | | | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 6 | 4 | 3 | 1 | | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 5 | 4 | 2 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 15 | 5 | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 9 | 14 | 6 | | | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 10 | 12 | 7 | 9 | | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 11 | 13 | 8 | | 5 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 12 | 8 | 9 | 5 | 6 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 13 | 9 | | 6 | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 14 | 11 | | 8 | 8 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 15 | 10 | | 7 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Code Conversion Chart

### 6-BIT BINARY TO 1-OF-64 ADDRESS DECODER




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SCL4009UB Inverting
# SCL4010B Non-Inverting

# CMOS
# HEX BUFFERS/CONVERTERS

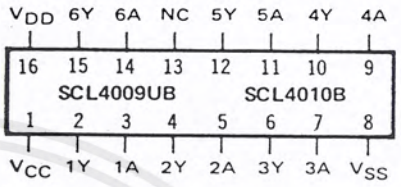
## FEATURES

- Direct Drive of 2 TTL/DTL Loads
- Operation from Single or Dual Supplies
- All Inputs Diode-Protected

## DESCRIPTION

The SCL4009UB and SCL4010B are single-chip monolithic silicon integrated circuits containing eighteen N-Channel and twelve P-Channel enhancement-mode MOS transistors connected to form six independent buffer/converter configurations. These devices are designed for use as hex CMOS-to-DTL or TTL logic level converters or hex CMOS current drivers. Conversion ranges are from CMOS logic operating at 3Vdc to 18Vdc supply levels to DTL or TTL logic operating at 3Vdc to 6Vdc supply levels. Conversion to logic output levels greater than 6Vdc is permitted proving $V_{CC} \leqslant V_{DD}$.

## CONNECTION DIAGRAM
(all packages)




Add Suffix for Package:

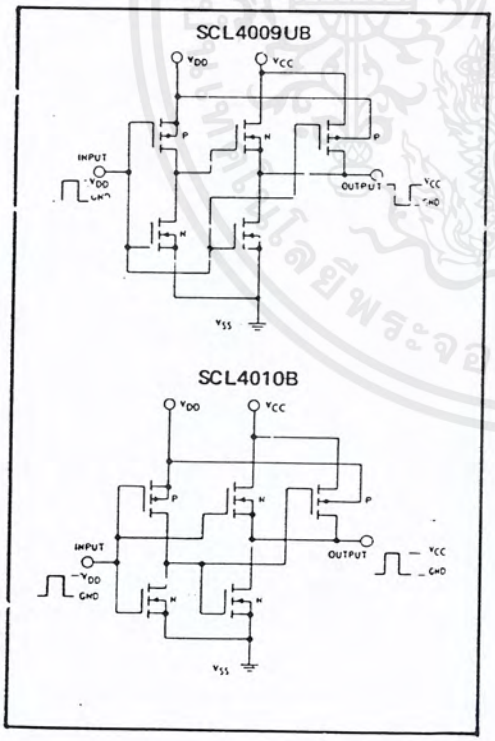
- C 16-pin Cerdip
- D 16-pin Ceramic
- E 16-pin Epoxy
- F 16-pin Flat
- H Chip

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

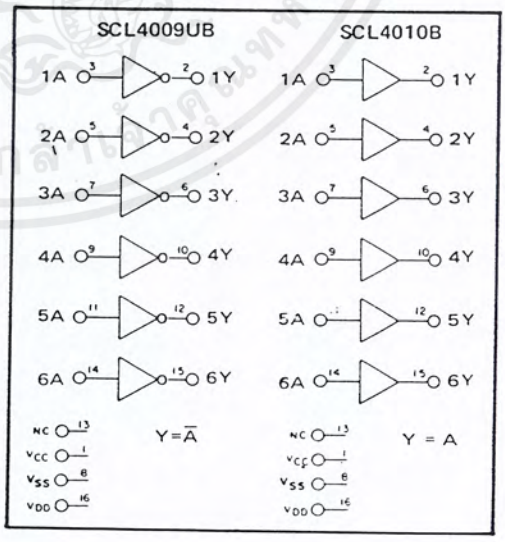
For maximum reliability:

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

## SCHEMATIC DIAGRAMS




## LOGIC DIAGRAMS




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### STATIC CHARACTERISTICS [1, 3]

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | CONDITIONS | $T_{LOW}$ [2] | | +25°C | | | $T_{HIGH}$ [2] | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Min. | Max. | Min. | Typ. | Max. | Min. | Max. | |
| QUIESCENT DEVICE CURRENT | $I_{DD}$ | 5 | $V_{IN} = V_{SS}$ or $V_{DD}$ | – | 1.0 | – | 0.005 | 1.0 | – | 30 | μAdc |
| | | 10 | All valid input | – | 2.0 | – | 0.01 | 2.0 | – | 60 | |
| | | 15 | combinations | – | 4.0 | – | 0.02 | 4.0 | – | 120 | |
| MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE SCL4009UB | $V_{IH}$ | 5 | $V_{OL} = 0.5V$ | – | 4.0 | – | 2.75 | 4.0 | – | 4.0 | Vdc |
| | | 10 | $V_{OL} = 1.0V$ | – | 8.0 | – | 5.5 | 8.0 | – | 8.0 | |
| | | 15 | $V_{OL} = 1.5V$ | – | 12.0 | – | 8.25 | 12.0 | – | 12.0 | |
| | | | $I_O \leq 1\mu A$ | | | | | | | | |
| MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE SCL4009UB | $V_{IL}$ | 5 | $V_{OH} = 3.6V$ | 1.0 | – | 1.0 | 2.25 | – | 1.0 | – | Vdc |
| | | 10 | $V_{OH} = 7.2V$ | 2.0 | – | 2.0 | 4.5 | – | 2.0 | – | |
| | | 15 | $V_{OH} = 10.8V$ | 3.0 | – | 3.0 | 6.75 | – | 3.0 | – | |
| | | | $I_O \leq 1\mu A$ | | | | | | | | |
| OUTPUT LOW (SINK) CURRENT C, D, F, H device | $I_{OL}$ | 5 | $V_{OL} = 0.4V$ | 3.8 | – | 3.0 | 4.0 | – | 2.2 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OL} = 0.5V$ | 10.0 | – | 8.0 | 10 | – | 5.6 | – | |
| | | 15 | $V_{OL} = 1.5V$ | 30 | – | 24 | 36 | – | 16 | – | |
| | | | $V_{IN} = V_{SS}$ or $V_{DD}$ | | | | | | | | |
| E device | | 5 | $V_{OL} = 0.4V$ | 3.6 | – | 3.0 | 4.0 | – | 2.4 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OL} = 0.5V$ | 9.6 | – | 8.0 | 10 | – | 6.4 | – | |
| | | 15 | $V_{OL} = 1.5V$ | 28 | – | 24 | 36 | – | 20 | – | |
| | | | $V_{IN} = V_{SS}$ or $V_{DD}$ | | | | | | | | |

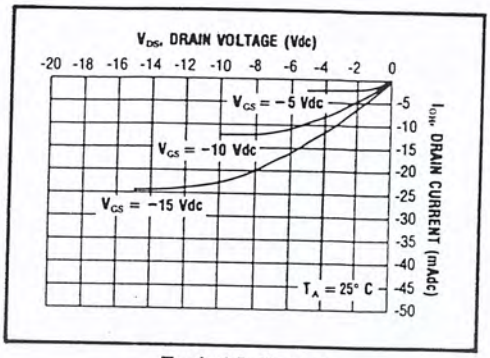
NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] $T_{LOW}$ = -55°C for C, D, F, H device
= -40°C for E device.
$T_{HIGH}$ = +125°C for C, D, F, H device
= + 85°C for E device.
[3] $V_{CC} = V_{DD}$

### DYNAMIC CHARACTERISTICS ($C_L$ = 50pF, $T_A$ = 25°C)

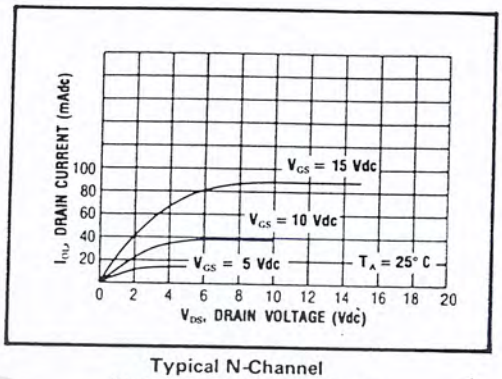
| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | $V_{CC}$ (Vdc) | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PROPAGATION DELAY TIME Driving CMOS | $t_{PLH}$ | 5 | 5 | – | 60 | 120 | ns |
| | | 10 | 10 | – | 35 | 70 | |
| | | 15 | 15 | – | 28 | 56 | |
| Driving TTL/DTL | | 5 | 5 | – | 45 | 90 | ns |
| | | 10 | 5 | – | 20 | 40 | |
| | | 15 | 5 | – | 15 | 30 | |
| Driving CMOS | $t_{PHL}$ | 5 | 5 | – | 30 | 60 | ns |
| | | 10 | 10 | – | 18 | 36 | |
| | | 15 | 15 | – | 12 | 24 | |
| Driving TTL/DTL | | 5 | 5 | – | 35 | 70 | ns |
| | | 10 | 5 | – | 15 | 30 | |
| | | 15 | 5 | – | 10 | 20 | |
| OUTPUT TRANSITION TIME | $t_{TLH}$ | 5 | 5 | – | 150 | 300 | ns |
| | | 10 | 10 | – | 75 | 150 | |
| | | 15 | 15 | – | 60 | 120 | |
| | $t_{THL}$ | 5 | 5 | – | 30 | 60 | ns |
| | | 10 | 10 | – | 20 | 40 | |
| | | 15 | 15 | – | 12 | 24 | |
| INPUT CAPACITANCE SCL4009UB | $C_{IN}$ | – | – | – | 10 | 15 | pF |
| SCL4010B | | – | | – | 5 | 7.5 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

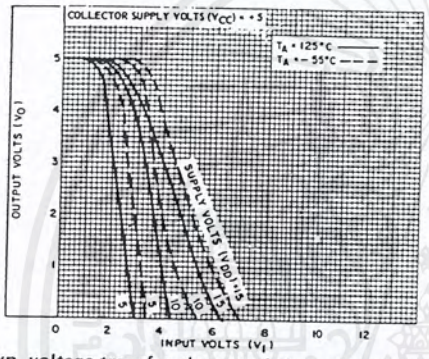
SCL4009UB , SCL4010B



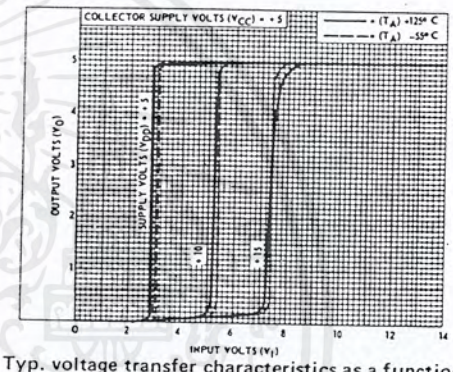

Typical P-Channel
Source Current Characteristics



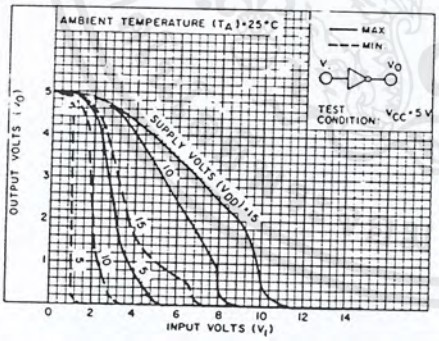

Typical N-Channel
Sink Current Characteristics



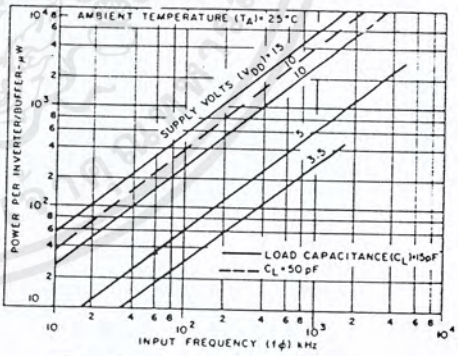

Typ. voltage transfer characteristics as function of temperature — SCL4009UB




Typ. voltage transfer characteristics as a function of temperature — SCL4010B




Min. & max. voltage transfer characteristics — SCL4009UB




Typ. dissipation characteristics — SCL4009UB, SCL4010B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SCL4017AB

# CMOS DECADE COUNTER/DIVIDER

## FEATURES

- 10 Decoded Decimal Outputs
- Direct Reset
- Trigger from either Edge of Clock Input
- Carry Output for Cascading Stages
- Fully Static Operation - DC to 5MHz @ 10Vdc

## DESCRIPTION

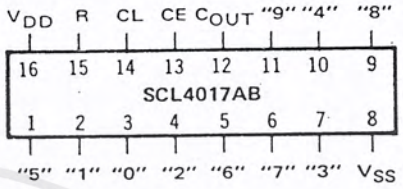
The SCL4017AB consists of a 5-stage Johnson Decade Counter and an Output Decoder. Inputs include Clock, Reset, and Clock Enable signals.

The counter has interchangeable Clock and Clock Enable lines for incrementing on either a positive-going or negative-going transition, respectively. A high Reset signal clears the counter to its zero count.

Use of the Johnson decade counter configuration permits high-speed operation, 2-input decode gating, and spike-free decoded outputs. Anti-lock gating is provided, thus assuring proper counting sequence. The 10 decoded outputs are normally low and go high only at their respective decoded time slot. Each decoded output remains high for one full clock cycle. A Carry-out ($C_{OUT}$) signal completes one cycle every 10 clock input cycles and is used to directly clock the succeeding counter in multi-stage applications.

This part can be used in frequency division circuits as well as decade counter or decimal decode display applications.

## CONNECTION DIAGRAM
(all packages)




Add suffix for package:

| | |
|---|---|
| C | 16-pin Cerdip |
| D | 16-pin Ceramic |
| E | 16-pin Epoxy |
| F | 16-pin Flat |
| H | Chip |

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

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

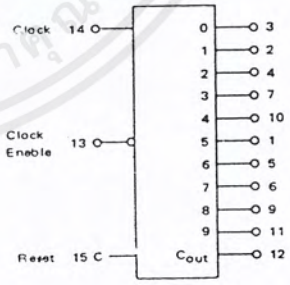
## FUNCTIONAL TRUTH TABLE
(Positive Logic)

| Clock | Clock Enable | Reset | Decode Output = n |
|---|---|---|---|
| 0 | X | 0 | n |
| X | 1 | 0 | n |
| X | X | 1 | "0" |
| ⌐ | 0 | 0 | n + 1 |
| ⌐ | X | 0 | n |
| X | ⌐ | 0 | n |
| 1 | ⌐ | 0 | n + 1 |

x = Don't Care

If n < 5 Carry = "1", Otherwise = "0"

## BLOCK DIAGRAM




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### STATIC CHARACTERISTICS [1]

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | CONDITIONS | $T_{LOW}$ [2] Min. | $T_{LOW}$ [2] Max. | +25°C Min. | +25°C Typ. | +25°C Max. | $T_{HIGH}$ [2] Min. | $T_{HIGH}$ [2] Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| QUIESCENT DEVICE CURRENT | $I_{DD}$ | 5 | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | – | 5 | – | 0.05 | 5 | – | 150 | μAdc |
| | | 10 | All valid input | – | 10 | – | 0.1 | 10 | – | 300 | |
| | | 15 | combinations | – | 20 | – | 0.2 | 20 | – | 600 | |
| OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT | | | | | | | | | | | |
| C, D, F, H device | | | | | | | | | | | |
| Decoded Outputs | $I_{OH}$ | 5 | $V_{OH}$ = 4.6V | -0.05 | – | -0.04 | -0.3 | – | -0.028 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OH}$ = 9.5V | -0.125 | – | -0.1 | -0.75 | – | -0.07 | – | |
| | | 15 | $V_{OH}$ = 13.5V | -0.375 | – | -0.3 | -2.5 | – | -0.21 | | |
| | | | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | | | | | | | | |
| Carry Output | | 5 | $V_{OH}$ = 4.6V | -0.25 | – | -0.2 | -0.75 | – | -0.14 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OH}$ = 9.5V | -0.62 | – | -0.5 | -1.1 | – | -0.35 | – | |
| | | 15 | $V_{OH}$ = 13.5V | -1.9 | – | -1.5 | -3.5 | – | -1.1 | – | |
| | | | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | | | | | | | | |
| E device | | | | | | | | | | | |
| Decoded Outputs | $I_{OH}$ | 5 | $V_{OH}$ = 4.6V | -0.048 | – | -0.04 | -0.3 | – | -0.032 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OH}$ = 9.5V | -0.12 | – | -0.1 | -0.75 | – | -0.08 | – | |
| | | 15 | $V_{OH}$ = 13.5V | -0.36 | – | -0.3 | -2.5 | – | -0.24 | – | |
| | | | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | | | | | | | | |
| Carry Output | | 5 | $V_{OH}$ = 4.6V | -0.24 | – | -0.2 | -0.75 | – | -0.16 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OH}$ = 9.5V | -0.6 | – | -0.5 | -1.1 | – | -0.4 | – | |
| | | 15 | $V_{OH}$ = 13.5V | -1.8 | – | -1.5 | -3.5 | – | -1.2 | – | |
| | | | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | | | | | | | | |
| OUTPUT LOW (SINK) CURRENT | | | | | | | | | | | |
| C, D, F, H device | | | | | | | | | | | |
| Decoded Outputs | $I_{OL}$ | 5 | $V_{OL}$ = 0.4V | 0.05 | – | 0.04 | 0.4 | – | 0.028 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OL}$ = 0.5V | 0.125 | – | 0.1 | 1.0 | – | 0.07 | – | |
| | | 15 | $V_{OL}$ = 1.5V | 0.375 | – | 0.3 | 3.0 | – | 0.21 | – | |
| | | | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | | | | | | | | |
| Carry Output | | 5 | $V_{OL}$ = 0.4V | 0.25 | – | 0.2 | 0.75 | – | 0.14 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OL}$ = 0.5V | 0.62 | – | 0.5 | 1.3 | – | 0.35 | – | |
| | | 15 | $V_{OL}$ = 1.5V | 1.9 | – | 1.5 | 4.0 | – | 1.1 | – | |
| | | | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | | | | | | | | |
| E device | | | | | | | | | | | |
| Decoded Outputs | $I_{OL}$ | 5 | $V_{OL}$ = 0.4V | 0.048 | – | 0.04 | 0.4 | – | 0.032 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OL}$ = 0.5V | 0.12 | – | 0.1 | 1.0 | – | 0.08 | – | |
| | | 15 | $V_{OL}$ = 1.5V | 0.36 | – | 0.3 | 3.0 | – | 0.24 | – | |
| | | | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | | | | | | | | |
| Carry Output | | 5 | $V_{OL}$ = 0.4V | 0.24 | – | 0.2 | 0.75 | – | 0.16 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OL}$ = 0.5V | 0.6 | – | 0.5 | 1.3 | – | 0.4 | – | |
| | | 15 | $V_{OL}$ = 1.5V | 1.8 | – | 1.5 | 4.0 | – | 1.2 | – | |
| | | | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | | | | | | | | |

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".

[2] $T_{LOW}$ = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
$T_{HIGH}$ = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SCL4017AB**

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

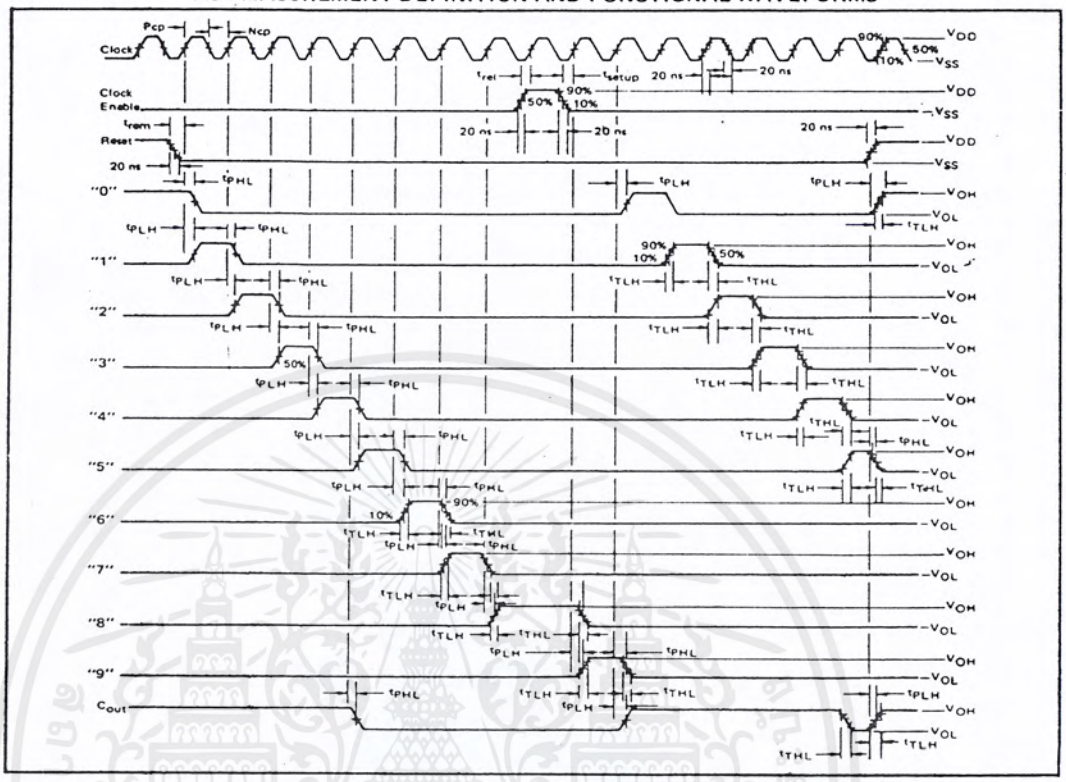
**DYNAMIC CHARACTERISTICS** ($C_L$ = 50pF, $T_A$ = 25°C)

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **CLOCKED OPERATION** | | | | | | |
| PROPAGATION DELAY TIME To Decoded Outputs | $t_{PLH}, t_{PHL}$ | 5 | – | 600 | 1200 | ns |
| | | 10 | – | 240 | 480 | |
| | | 15 | – | 180 | 360 | |
| To Carry Output | $t_{PLH}, t_{PHL}$ | 5 | – | 500 | 1000 | ns |
| | | 10 | – | 200 | 400 | |
| | | 15 | – | 150 | 300 | |
| OUTPUT TRANSITION TIME Decoded Outputs | $t_{TLH}, t_{THL}$ | 5 | – | 250 | 500 | ns |
| | | 10 | – | 125 | 250 | |
| | | 15 | – | 90 | 180 | |
| Carry Output | $t_{TLH}, t_{THL}$ | 5 | – | 180 | 360 | ns |
| | | 10 | – | 90 | 180 | |
| | | 15 | – | 65 | 130 | |
| MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH | $PW_{CL}$ | 5 | – | 200 | 400 | ns |
| | | 10 | – | 100 | 200 | |
| | | 15 | – | 80 | 160 | |
| MAXIMUM CLOCK FREQUENCY | $f_{CL}$ | 5 | 1.25 | 2.5 | – | MHz |
| | | 10 | 2.5 | 5.0 | – | |
| | | 15 | 3.0 | 6.0 | – | |
| MAXIMUM CLOCK OR ENABLE RISE AND FALL TIME | $t_{rCL}, t_{fCL}$ | 5 | 15 | – | – | μs |
| | | 10 | 15 | – | – | |
| | | 15 | 5 | – | – | |
| MINIMUM ENABLE SETUP TIME | $t_{setup}$ | 5 | – | 175 | 350 | ns |
| | | 10 | – | 75 | 150 | |
| | | 15 | – | 55 | 110 | |
| MINIMUM ENABLE REMOVAL TIME | $t_{rem}$ | 5 | – | 250 | 500 | ns |
| | | 10 | – | 100 | 200 | |
| | | 15 | – | 75 | 150 | |
| **RESET OPERATION** | | | | | | |
| PROPAGATION DELAY TIME To Decoded Outputs | $t_{PLH}, t_{PHL}$ | 5 | – | 500 | 1000 | ns |
| | | 10 | – | 200 | 400 | |
| | | 15 | – | 140 | 280 | |
| To Carry Output | $t_{PLH}$ | 5 | – | 400 | 800 | ns |
| | | 10 | – | 150 | 300 | |
| | | 15 | – | 110 | 220 | |
| MINIMUM RESET PULSE WIDTH | $PW_R$ | 5 | – | 150 | 300 | ns |
| | | 10 | – | 75 | 150 | |
| | | 15 | – | 60 | 120 | |
| RESET REMOVAL TIME | $t_{rem}$ | 5 | – | 250 | 500 | ns |
| | | 10 | – | 100 | 200 | |
| | | 15 | – | 80 | 160 | |

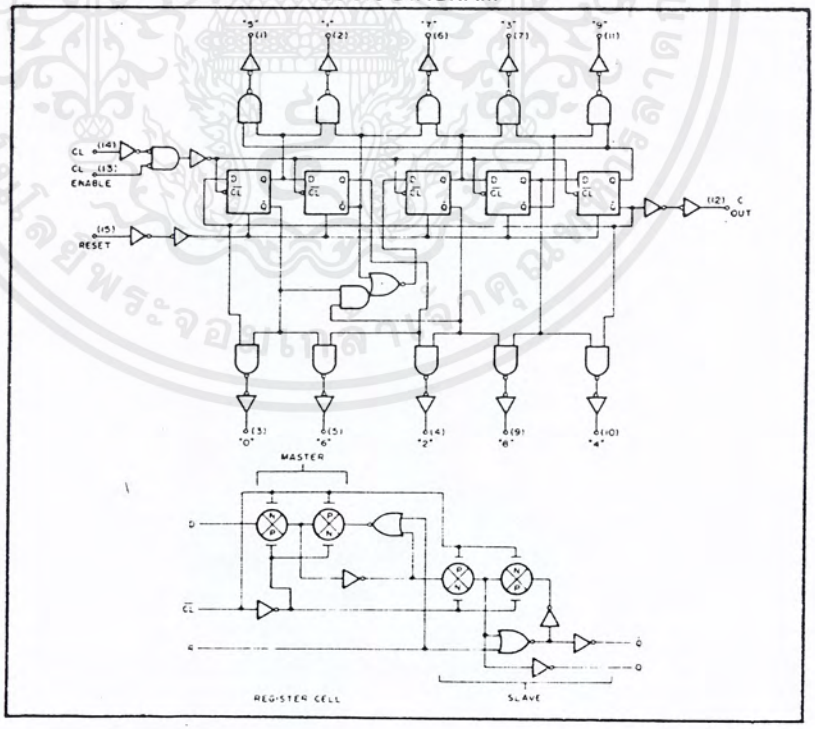
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4017AB

## AC MEASUREMENT DEFINITION AND FUNCTIONAL WAVEFORMS




## LOGIC DIAGRAM

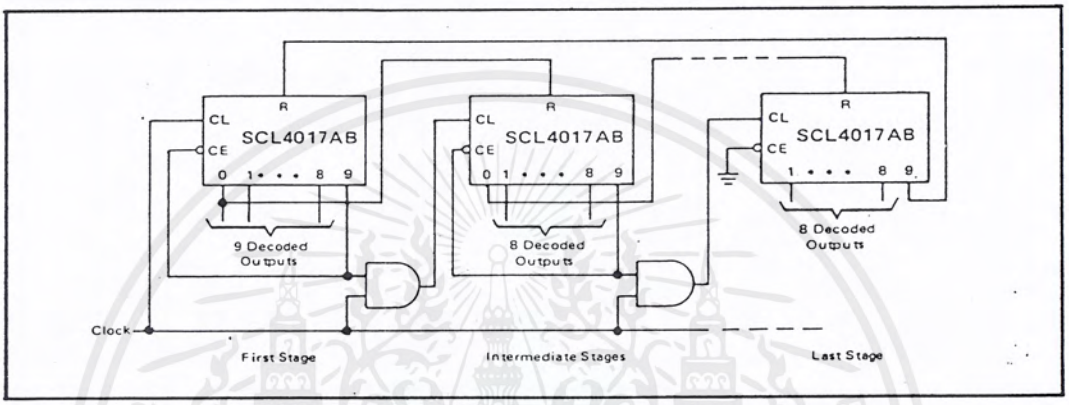



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## APPLICATIONS INFORMATION

### COUNTER EXPANSION

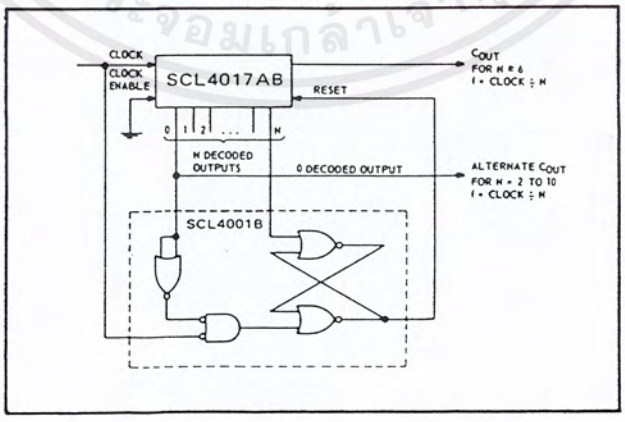
This figure shows a technique for extending the number of decoded output states for the SCL4017AB. Decoded outputs are sequential within each stage and from stage to stage, with no dead time (except propagation delay).




### DIVIDE-BY-N COUNTER

When the Nth decoded output is reached (Nth clock pulse), the S-R flip-flop (constructed from the SCL4001B) generates a reset pulse which clears the SCL4017AB to its zero count. At this time, if the Nth decoded output is greater than or equal to 6, the $C_{OUT}$ line goes high to clock the next counter section. The "0" decoded output also goes high at this time. Coincidence of the clock "low" and decoded "0" output "high" resets the S-R flip-flop to enable the SCL4017AB.

If the Nth decoded output is less than 6, the $C_{OUT}$ line will not go high, and, therefore, cannot be used. In this case, the "0" decoded output may be used to perform the clock function for the next counter.




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

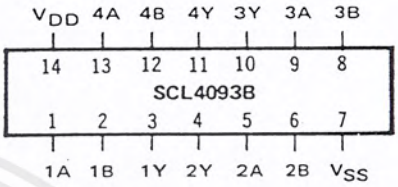
## SCL4093B Preliminary

# CMOS QUAD SCHMITT TRIGGER

### FEATURES

- Schmitt Trigger Action on each Input with no External Components
- Quad 2-Input NAND Configuration
- Noise Immunity Greater than 50%
- No Limit on Input Rise and Fall Times
- Balanced Output Drive Current Specifications

### CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



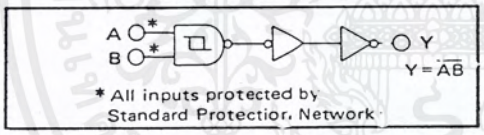

Add suffix for package:

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

### DESCRIPTION

The SCL4093B consists of four Schmitt trigger circuits. Each circuit functions as a 2-input NAND gate with Schmitt trigger action on both inputs. The gate switches at different points for positive- and negative-going signals. The difference between the positive voltage ($V_P$) and the negative voltage ($V_N$) is defined as the hysteresis voltage ($V_H$). This device is useful in high-noise environments and in wave and pulse shapers and multivibrators.

### LOGIC DIAGRAM

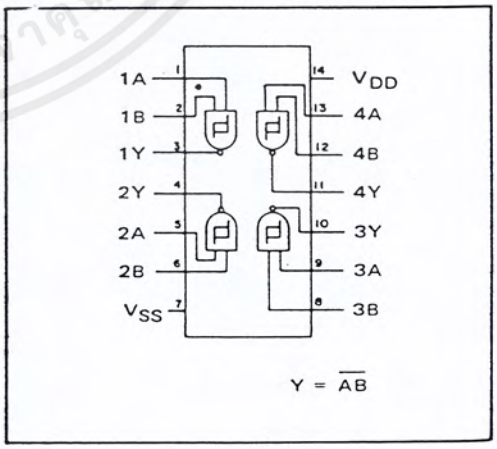



### RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

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

### BLOCK DIAGRAM




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### STATIC CHARACTERISTICS [1,3]

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | CONDITIONS | $T_{LOW}$ [2] | | +25°C | | | $T_{HIGH}$ [2] | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Min. | Max. | Min. | Typ. | Max. | Min. | Max. | |
| QUIESCENT DEVICE CURRENT | $I_{DD}$ | 5 | $V_{IN}=V_{SS}$ or $V_{DD}$ | – | 0.05 | – | 0.0005 | 0.05 | – | 1.5 | μAdc |
| | | 10 | All valid input | – | 0.10 | – | 0.001 | 0.10 | – | 3.0 | |
| | | 15 | combinations | – | 0.20 | – | 0.002 | 0.20 | – | 6.0 | |
| POSITIVE TRIGGER THRESHOLD VOLTAGE | $V_P$ ($V_{IL}$) | 5 | | 3 typ | | 2.9 typ | | | 2.9 typ | | Vdc |
| | | 10 | | 5.9 typ | | 5.9 typ | | | 5.9 typ | | |
| | | 15 | | 8.9 typ | | 8.9 typ | | | 8.9 typ | | |
| NEGATIVE TRIGGER THRESHOLD VOLTAGE | $V_N$ ($V_{IH}$) | 5 | | 2.6 typ | | 2.3 typ | | | 2.1 typ | | Vdc |
| | | 10 | | 4 typ | | 3.9 typ | | | 3.8 typ | | |
| | | 15 | | 5.5 typ | | 5.4 typ | | | 5.3 typ | | |

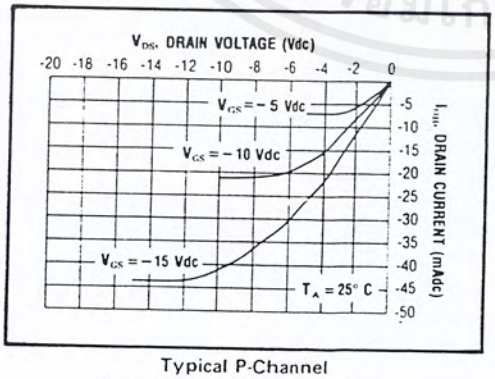
NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] $T_{LOW}$ = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
$T_{HIGH}$ = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.
[3] This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

### DYNAMIC CHARACTERISTICS ($C_L$ = 50pF, $T_A$ = 25°C)

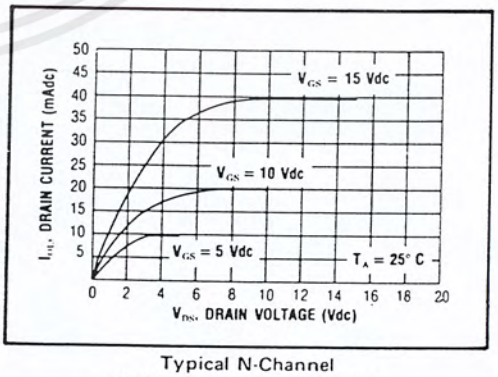
| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PROPAGATION DELAY TIME | $t_{PLH}$, $t_{PHL}$ | 5 | – | 300 | 600 | ns |
| | | 10 | – | 150 | 300 | |
| | | 15 | – | 120 | 240 | |
| OUTPUT TRANSITION TIME | $t_{TLH}$, $t_{THL}$ | 5 | – | 100 | 200 | ns |
| | | 10 | – | 50 | 100 | |
| | | 15 | – | 40 | 80 | |

dc

C
C

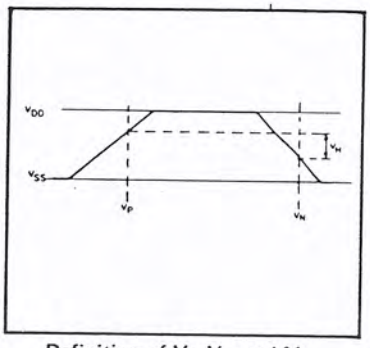



Typical P-Channel
Source Current Characteristics

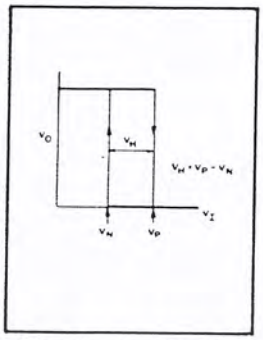



Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

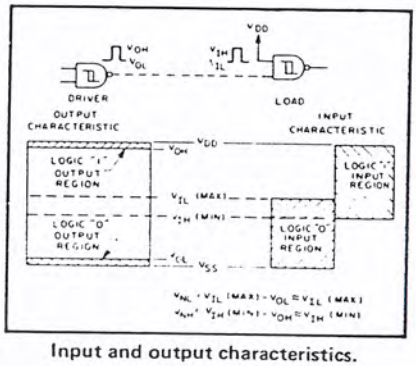
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



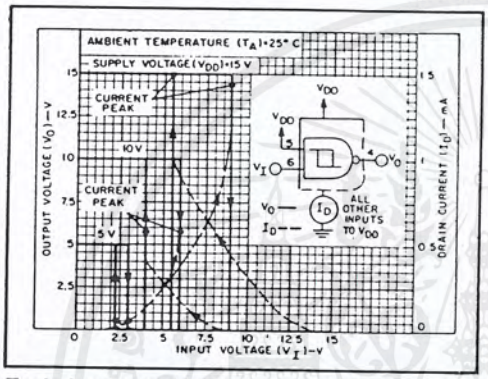

Definition of $V_P$, $V_N$ and $V_H$.



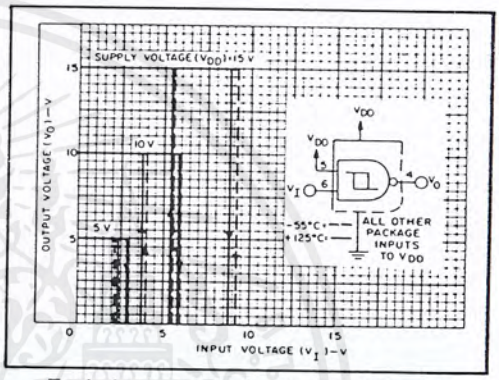

Transfer characteristic of 1 of 4 gates.



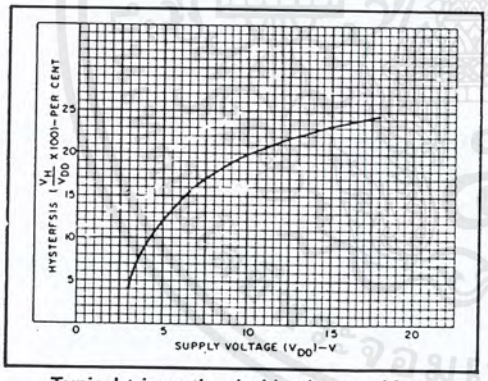

Input and output characteristics.



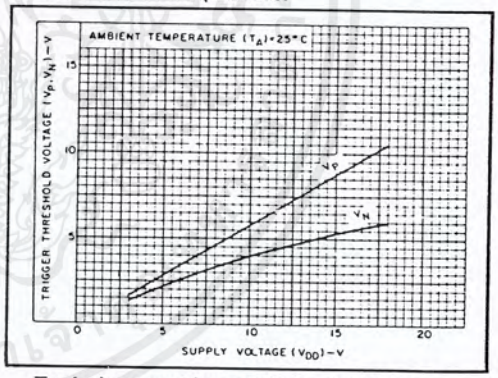

Typical current and voltage transfer characteristics.




Typical voltage transfer characteristics as a function of temperature.

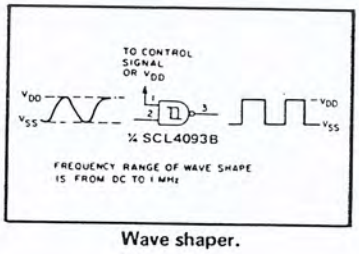



Typical trigger threshold voltage vs. $V_{DD}$.

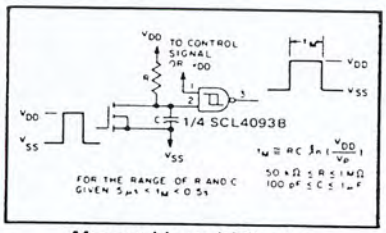



Typical per cent hysteresis vs. supply voltage.

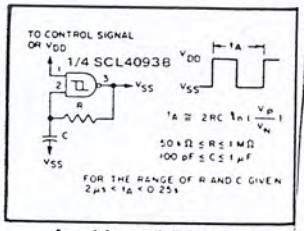
## APPLICATIONS INFORMATION




Wave shaper.




Monostable multivibrator.




Astable multivibrator.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SCL4511B

# CMOS BCD-TO-SEVEN SEGMENT LATCH/DECODER/DRIVER

## FEATURES

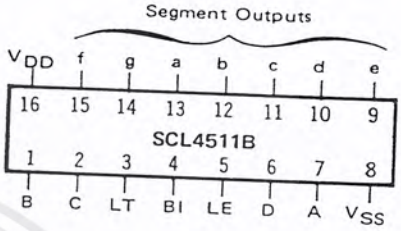
- High-Current Sourcing Bipolar Outputs (Up to 25 mA)
- Latched Storage of Input Code
- Blanking Input for Display Intensity Modulation
- Lamp Test Provision
- Readout Blanking for Illegal Input Combinations

## DESCRIPTION

The SCL4511B provides the functions of a 4-bit storage latch, an 8421 BCD-to-seven segment decoder, and an output drive capability to source up to 25 mA of current. Lamp Test, Blanking, and Latch Enable inputs are used to test the display, turn off the display, and store a BCD code, respectively. It can be used with LED, incandescent, fluorescent, gas discharge, or liquid crystal readouts either directly or indirectly.

Applications include counter display drivers, seven-segment decimal display, and various clock, watch, and timer uses.

## CONNECTION DIAGRAM
(all packages)




Add suffix for package:

| | |
|---|---|
| C | 16-pin Cerdip |
| D | 16-pin Ceramic |
| E | 16-pin Epoxy |
| F | 16-pin Flat |
| H | Chip |

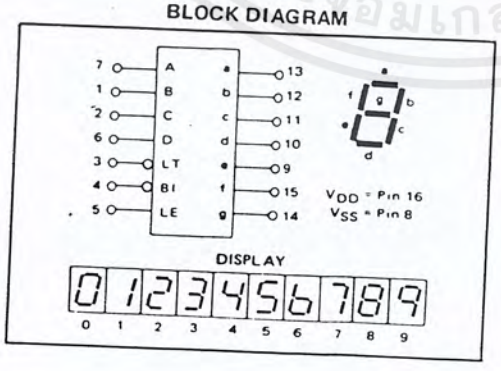
## TRUTH TABLE

| LE | BI | LT | D | C | B | A | a | b | c | d | e | f | g | DISPLAY |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X | X | 0 | X | X | X | X | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| X | 0 | 1 | X | X | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Blank |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 5 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 9 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Blank |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Blank |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Blank |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Blank |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Blank |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Blank |
| 1 | 1 | 1 | X | X | X | X | | | | * | | | | * |

X = Don't care

* Depends upon the BCD code applied during the 0 to 1 transition of LE.

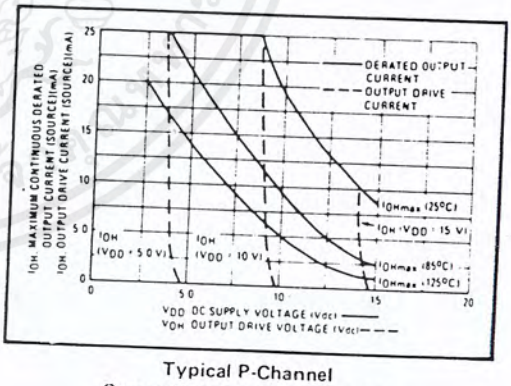
## BLOCK DIAGRAM




## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

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




Typical P-Channel
Source Current Characteristics

The maximum continuous (worst case) derated output drive current applies to a single output with all other outputs sourcing an equal amount of current. Operation above the derating curve at a given temperature is not recommended.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ELECTRICAL CHARACTERISTICS

## STATIC CHARACTERISTICS [1]

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | CONDITIONS | $T_{LOW}$ [2] Min. | $T_{LOW}$ [2] Max. | +25°C Min. | +25°C Typ. | +25°C Max. | $T_{HIGH}$ [2] Min. | $T_{HIGH}$ [2] Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| QUIESCENT DEVICE CURRENT | $I_{DD}$ | 5 | $V_{IN} = V_{SS}$ or $V_{DD}$ | – | 5 | – | 0.05 | 5 | – | 150 | µAdc |
| | | 10 | All valid input | – | 10 | – | 0.1 | 10 | – | 300 | |
| | | 15 | combinations | – | 20 | – | 0.2 | 20 | – | 600 | |
| OUTPUT DRIVE VOLTAGE | $V_{OH}$ | 5 | $I_{OH}$ = 0 mAdc | 4.99 | – | 4.99 | 5.0 | – | 4.95 | – | Vdc |
| | | | - 5 | – | – | – | 4.25 | – | – | – | |
| | | | -10 | – | – | 3.9 | 4.13 | – | – | – | |
| | | | -15 | – | – | – | 3.95 | – | – | – | |
| | | | -20 | – | – | 3.4 | 3.75 | – | – | – | |
| | | | -25 | – | – | – | 3.5 | – | – | – | |
| | | 10 | $I_{OH}$ = 0mAdc | 9.99 | – | 9.99 | 10 | – | 9.95 | – | Vdc |
| | | | - 5 | – | – | – | 9.25 | – | – | – | |
| | | | -10 | – | – | 9.0 | 9.15 | – | – | – | |
| | | | -15 | – | – | – | 9.03 | – | – | – | |
| | | | -20 | – | – | 8.6 | 8.90 | – | – | – | |
| | | | -25 | – | – | – | 8.75 | – | – | – | |
| | | 15 | $I_{OH}$ = 0mAdc | 14.99 | – | 14.99 | 15 | – | 14.95 | – | Vdc |
| | | | - 5 | – | – | – | 14.25 | – | – | – | |
| | | | -10 | – | – | 14.0 | 14.18 | – | – | – | |
| | | | -15 | – | – | – | 14.08 | – | – | – | |
| | | | -20 | – | – | 13.6 | 13.95 | – | – | – | |
| | | | -25 | – | – | – | 13.80 | – | – | – | |
| OUTPUT LOW (SINK) CURRENT C, D, F, H device | $I_{OL}$ | 5 | $V_{OL}$ = 0.4V | 1.9 | – | 1.5 | 3.4 | – | 1.1 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OL}$ = 0.5V | 5.0 | – | 4.0 | 6.5 | – | 2.8 | – | |
| | | 15 | $V_{OL}$ = 1.5V, $V_{IN} = V_{SS}$ or $V_{DD}$ | 13.8 | – | 11.0 | 24 | – | 7.7 | – | |
| E device | | 5 | $V_{OL}$ = 0.4V | 1.8 | – | 1.5 | 3.4 | – | 1.2 | – | mAdc |
| | | 10 | $V_{OL}$ = 0.5V | 4.8 | – | 4.0 | 6.5 | – | 3.2 | – | |
| | | 15 | $V_{OL}$ = 1.5V, $V_{IN} = V_{SS}$ or $V_{DD}$ | 13.2 | – | 11.0 | 24 | – | 8.8 | – | |

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] $T_{LOW}$ = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
$T_{HIGH}$ = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

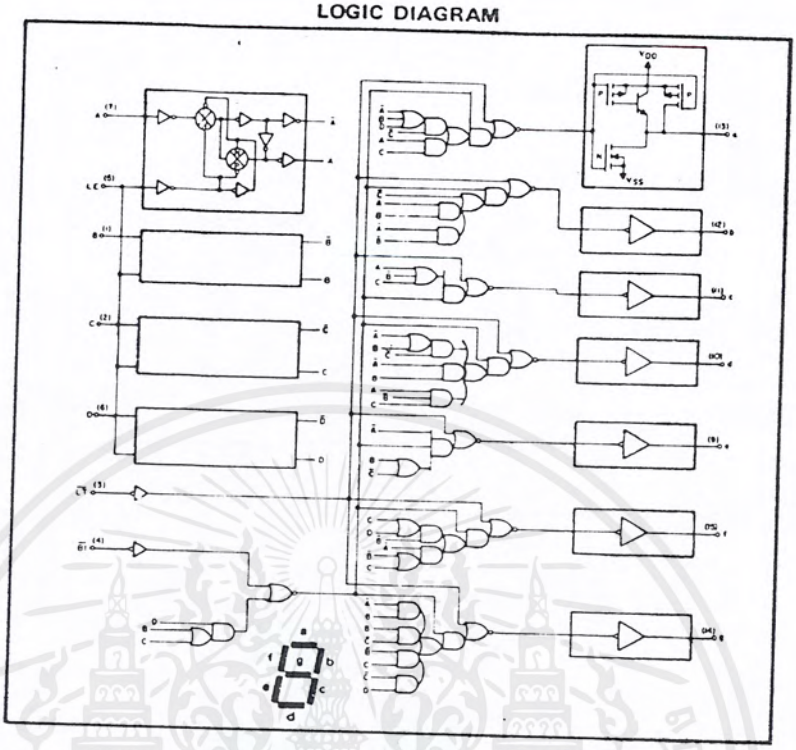
## DYNAMIC CHARACTERISTICS ($C_L$ = 50pF, $T_A$ = 25°C)

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PROPAGATION DELAY TIME From Data Inputs | $t_{PLH}$ | 5 | – | 650 | 1300 | ns |
| | | 10 | – | 250 | 500 | |
| | | 15 | – | 200 | 400 | |
| | $t_{PHL}$ | 5 | – | 750 | 1500 | ns |
| | | 10 | – | 300 | 600 | |
| | | 15 | – | 200 | 400 | |
| From Blanking Input | $t_{PLH}$ | 5 | – | 300 | 600 | ns |
| | | 10 | – | 125 | 250 | |
| | | 15 | – | 100 | 200 | |
| | $t_{PHL}$ | 5 | – | 500 | 1000 | ns |
| | | 10 | – | 200 | 400 | |
| | | 15 | – | 160 | 320 | |
| From Lamp Test Input | $t_{PLH}$ | 5 | – | 300 | 600 | ns |
| | | 10 | – | 120 | 240 | |
| | | 15 | – | 90 | 180 | |
| | $t_{PHL}$ | 5 | – | 325 | 650 | ns |
| | | 10 | – | 130 | 260 | |
| | | 15 | – | 95 | 190 | |
| OUTPUT TRANSITION TIME | $t_{TLH}$ | 5 | – | 50 | 100 | ns |
| | | 10 | – | 40 | 80 | |
| | | 15 | – | 35 | 70 | |
| | $t_{THL}$ | 5 | – | 1000 | 2000 | ns |
| | | 10 | – | 1000 | 2000 | |
| | | 15 | – | 1000 | 2000 | |
| MINIMUM DATA INPUT SETUP TIME | $t_{setup}$ | 5 | – | 90 | 180 | ns |
| | | 10 | – | 40 | 80 | |
| | | 15 | – | 20 | 40 | |
| MINIMUM DATA INPUT HOLD TIME | $t_{hold}$ | 5 | – | -90 | 0 | ns |
| | | 10 | – | -40 | 0 | |
| | | 15 | – | -20 | 0 | |
| MINIMUM LATCH ENABLE PULSE WIDTH | $PW_{LE}$ | 5 | – | 260 | 520 | ns |
| | | 10 | – | 110 | 220 | |
| | | 15 | – | 65 | 130 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

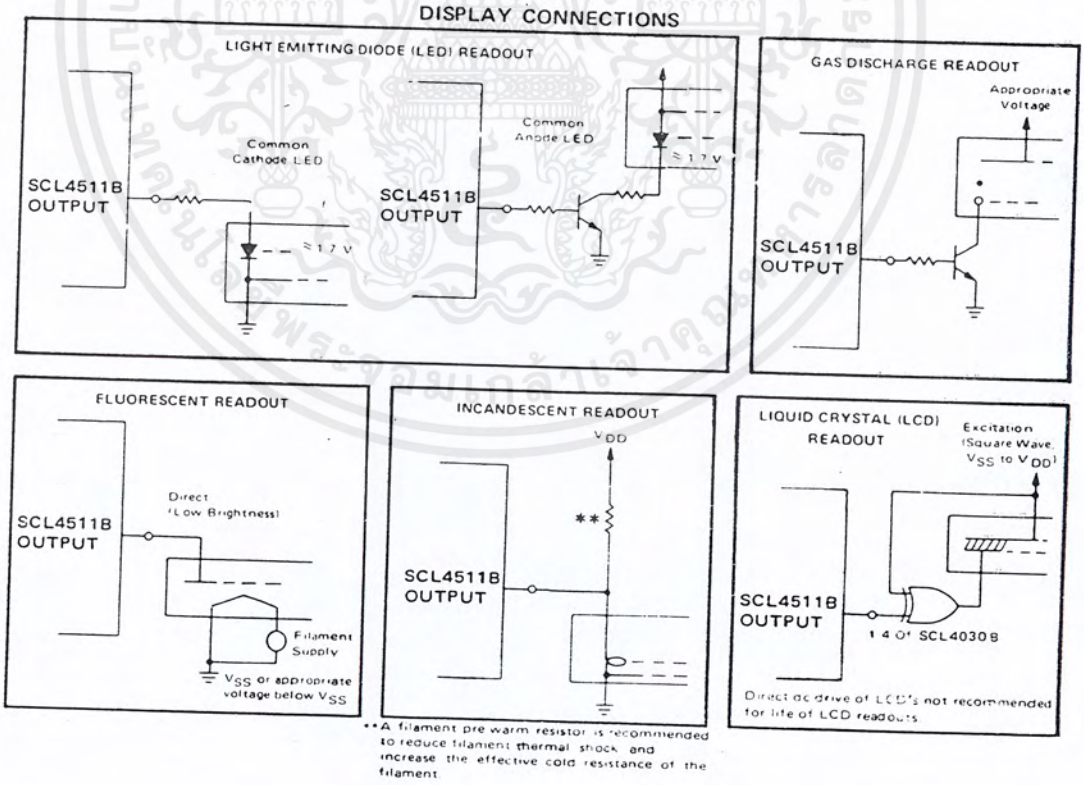
SCL4511B

## LOGIC DIAGRAM



## APPLICATIONS INFORMATION

### DISPLAY CONNECTIONS




** A filament pre warm resistor is recommended to reduce filament thermal shock and increase the effective cold resistance of the filament

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้