



ระบบจอสัมผัส
TOUCH SCREEN



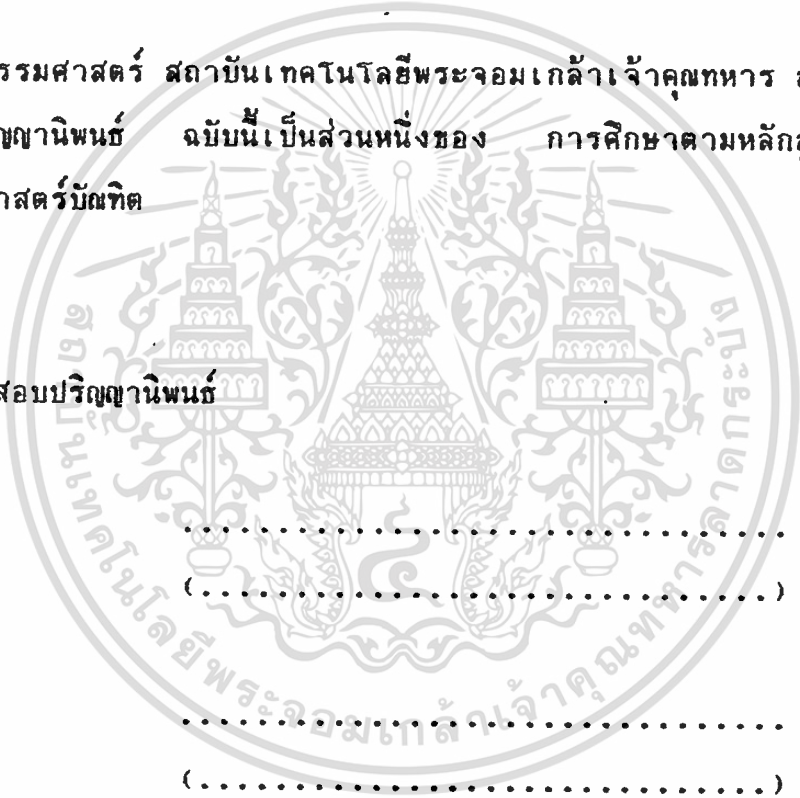
ปริญญาโทนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2534

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบจอสัมผัส

โดย นายประเสวีฐ สุวรรณ
นายวุฒิชัย สังข์กุล
นายสุชิน พรวิศวารักษ์กุล
ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
อนุมัติให้นับปริญญาานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ การศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์



..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

..... กรรมการ
(.....)

ระบบจอสัมผัส

| | | |
|-------------|-----------------|----------|
| นายประเสริฐ | สุวรรณ | 33131115 |
| นายวุฒิชัย | สังข์กุล | 33131120 |
| นายสุชิน | พรวิศวารักษ์กุล | 33131129 |

อ. อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

ปฏิยานิพนธ์นี้กล่าวถึง การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบของระบบจอสัมผัสที่มี หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit) หน่วยความจำ (Memory) หน่วยควบคุมจอภาพ (CRT Controller) หน่วยควบคุมอุปกรณ์ (OUTPUT PORT) และส่วนของการสแกนเป็นของตนเองโดยนำไปใช้งานกับจอภาพ ระบบ PAL System ซึ่งเมื่อสร้างเครื่องต้นแบบสมบูรณ์แล้ว สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่น ๆ ได้เช่น ATM ระบบจอสัมผัส ร้านขายของอัตโนมัติโดยการสั่งซื้อระบบจอสัมผัส เป็นต้น

TOUCH SCREEN

Mr. PRASERT SUWAN
Mr. WUTTICHAJ SANGKAKUL
Mr. SUCHIN PORNVISVARAKSAKUL
Mr. ATTASIT LASAKUL (ADVISOR)

1991

ABSTRACT

This thesis deals with the design and construction of prototype of touch screen system, which consists of central processing unit, memory unit, CRT controller unit, output port unit and individual scanning section. It can be used with PAL monitor system and any application such as touch screen ATM system, automatic store by command as touch system, etc.

สารบัญ

| | | |
|---------|--|----|
| บทที่ 1 | ระบบจอสัมผัส | 1 |
| | - วัตถุประสงค์ | |
| | - คุณลักษณะ & และคุณสมบัติ | |
| | - หลักการของระบบจอสัมผัส | |
| บทที่ 2 | ส่วนควบคุมการทำงาน CPU BOARD | 5 |
| | - CPU BOARD ที่ใช้ในระบบ TOUCH SCREEN | |
| บทที่ 3 | SCANNING SYSTEM | 10 |
| | - สิ่งประดิษฐ์ไฟฟ้าทางแสง | |
| | - สเปคตรัมของแสง | |
| | - หลักการกำเนิดแสงอินฟราเรด | |
| | - การออกแบบวงจรการรับส่งแสง INFRARED | |
| | - หลักการสกรีน | |
| | - การออกแบบวงจรทางด้านส่ง [Transmitter (TX)] | |
| | - หลักการออกแบบและคำนวณ | |
| | - ปัญหาและวิธีการในการแก้แสงรบกวน | |
| บทที่ 4 | วงจรควบคุมจอภาพ | 34 |
| | - บทนำ | |
| | - การแสดงภาพทางดิจิทัล | |
| | - คาแรคเตอร์เจน | |
| | - การทำงานของวงจรควบคุมจอภาพ (CRT 6845) | |
| | - การโปรแกรม REGISTER | |

- สรุปรูป
- แนวทางพัฒนา
- กิติกรรมประกาศ
- เอกสารอ้างอิง
- ภาคผนวก

ก. Soft Ware

ข. Data Sheet



บทที่ 1

ระบบจอสัมผัส

บทนำ

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ได้มีบทบาทในการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เป็นอย่างมาก ได้มีการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้งานในสิ่งต่าง ๆ มากขึ้น ปรินทิพจน์ฉบับนี้ก็เป็นส่วนหนึ่ง ในการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์และแผ่นวงจรเดี่ยว (Single Board) มาประยุกต์ใช้งาน โดยนำไปควบคุมระบบการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของ TOUCH SCREEN SYSTEM ทั้งหมด

ปรินทิพจน์นี้จะได้กล่าวถึงหลักการในการสร้างและออกแบบระบบจอสัมผัสโดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นแต่ละบทดังนี้ ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงส่วนควบคุมการทำงาน CPU BOARD บทที่ 3 กล่าวถึง การออกแบบและการสร้างส่วน SCANNING SYSTEM รวมทั้งการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นใน SYSTEM นี้ บทที่ 4 กล่าวถึง วงจรควบคุมจอภาพ และการ PROGRAM ค่าต่างๆใน IC 6845 (CRT CONTROLLER) บทที่ 5 เป็นบทสรุปของปรินทิพจน์นี้สำหรับภาคผนวกได้รวบรวมคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้ใช้ในระบบจอสัมผัส และ Soft Ware ต่างๆ ที่ประยุกต์ใช้งานในระบบจอสัมผัส

วัตถุประสงค์

การทำปรินทิพจน์นี้มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 3 ประการด้วยกัน คือ

ประการแรก สร้างเครื่องต้นแบบ ระบบจอสัมผัส เอกประสงค์ที่มีหน่วยควบคุม และแสดงภาพได้ด้วยตนเองซึ่งสามารถนำไปใช้งานกับจอภาพ ระบบ PAL ได้

ประการที่สอง สร้างความรู้สึกลึกซึ้งเกี่ยวกับ เทคโนโลยีแก่ผู้ใช้ เครื่องที่มีระบบจอสัมผัสและเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้เครื่อง เนื่องจากระบบจอสัมผัสที่ทำได้เราสามารถ PROGRAM ค่าอธิบายการใช้งานให้ปรากฏบนจอภาพ ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น

ประการสุดท้าย เพื่อลดจำนวนฟังก์ชันคีย์ของ เครื่องมือบางชนิดที่มีฟังก์ชันคีย์จำนวนมาก ๆ ทำให้เครื่องมือมีขนาดใหญ่ และใช้งานยาก เมื่อนำระบบจอสัมผัสเข้าไปประยุกต์ใช้งานแล้วจะทำให้เครื่องนั้นมีขนาดเล็กลง และยังลดการสึกหรอของฟังก์ชันคีย์เหล่านั้นให้หมดไปด้วย

คุณลักษณะของเครื่อง

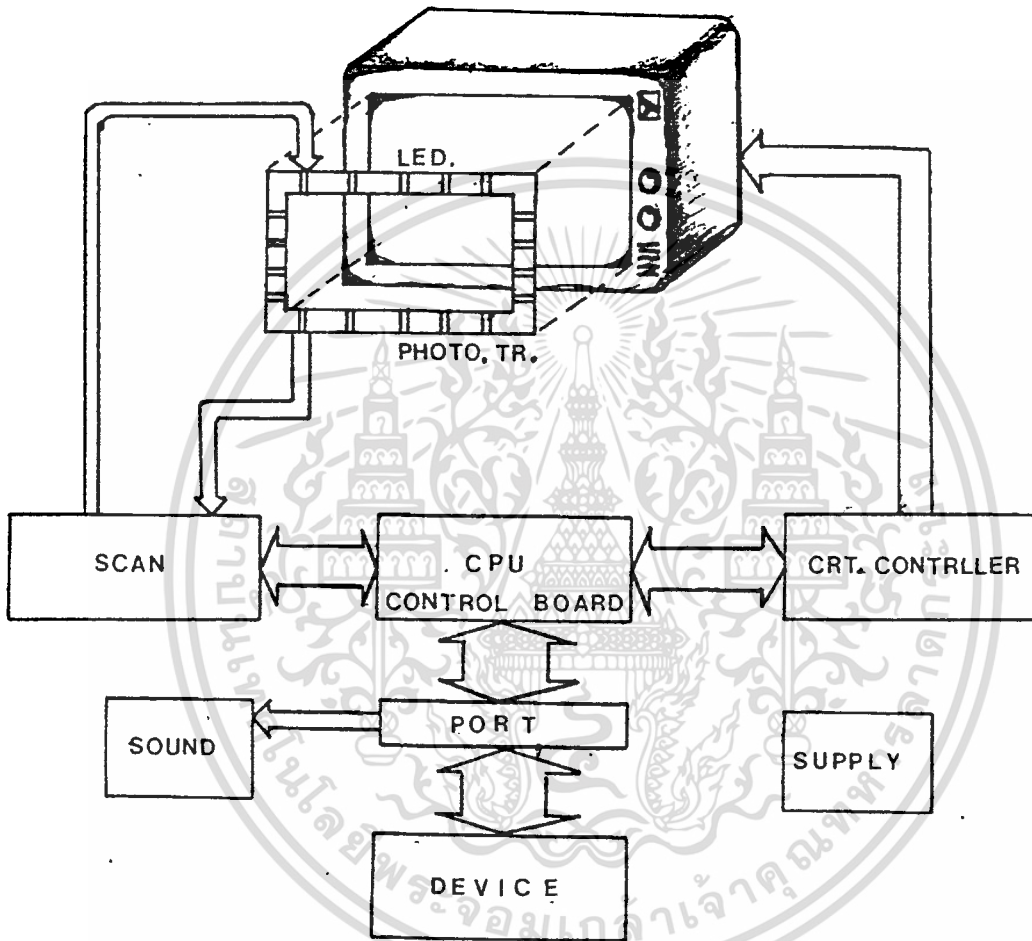
- TINPUT บนจอภาพด้วย MATRIX ขนาด 4x6
- SENSOR ด้วย INFRARED EMITTING DIODE (LED 55C) และ PHOTOTRANSISTOR (TIL81)
- แสดงผลด้วยจอภาพ PAL SYSTEM และ PORT เสียง
- ควบคุมการทำงานด้วย CPU Z-80 CONTROL BOARD
- ควบคุมจอภาพด้วย CRT-CONTROLLER 6845
- ควบคุมอุปกรณ์ภายนอกผ่าน PORT 8255
- อักษรที่แสดงผลขนาด 8x8
- จอภาพขนาด 80 คอลัมน์ 24 บรรทัด

คุณสมบัติ

- สามารถสร้างและเปลี่ยน MENU บนจอภาพได้ตามต้องการด้วย Soft ware
- O/P ที่ควบคุมอุปกรณ์ภายนอกสามารถต่อขยายเพิ่มเติมได้
- ใช้ MOS Switch มาควบคุมการรบกวนของแสงจากภายนอกและลำแสงจากตัวส่งชุดข้างเคียง ทำให้สามารถเพิ่มหรือลดจำนวน MATRIX SENSOR ในส่วนของ I/P ได้ตามต้องการ

หลักการของระบบจอสัมผัส

ระบบจอสัมผัสได้อาศัยวงจรในส่วนต่าง ๆ ดังรูป 1.1 ประกอบกันเข้าเป็นระบบจอสัมผัส ซึ่งรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ จะอธิบายถึงในบทต่อไป

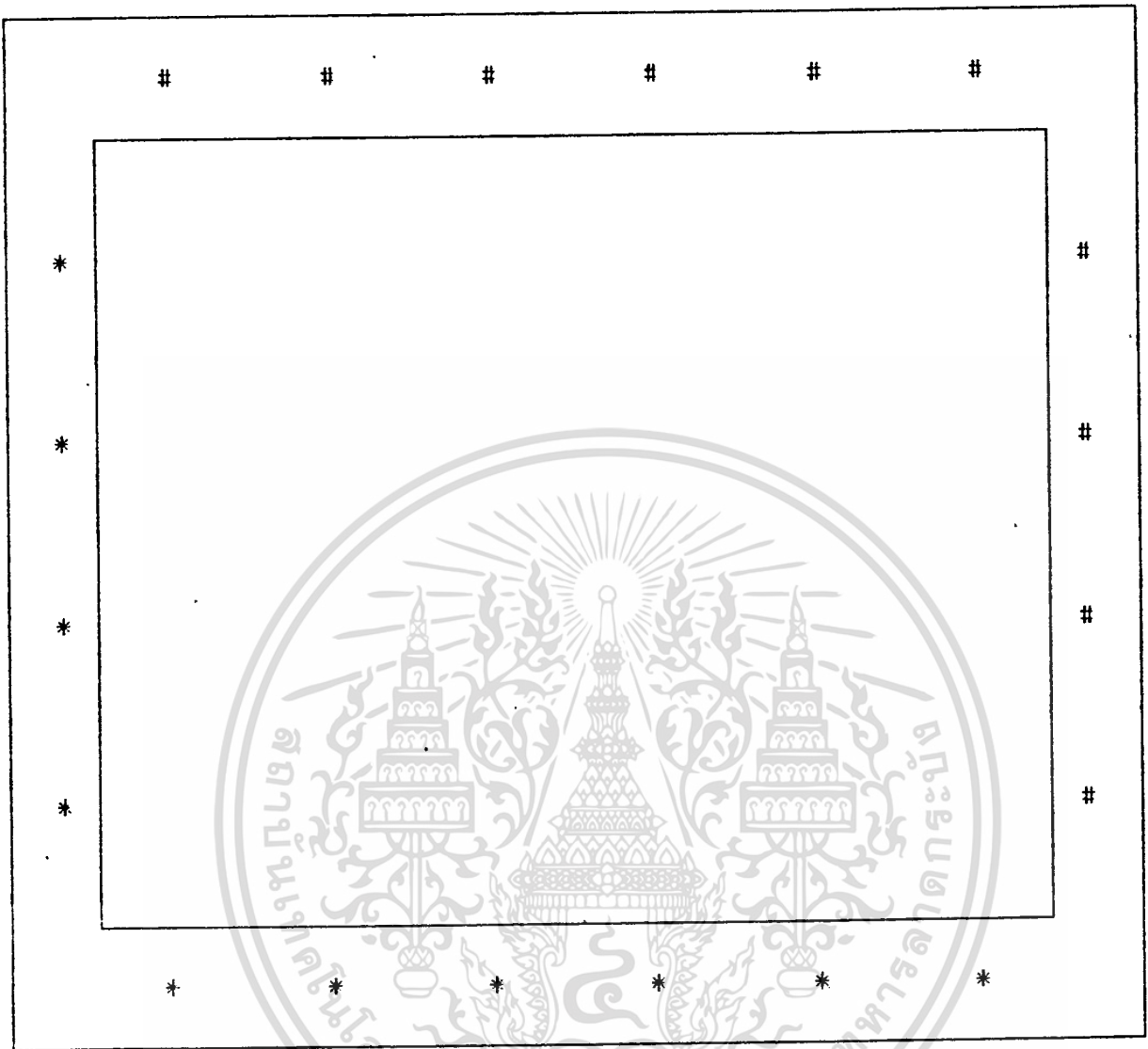


รูปที่ 1.1 แสดงส่วนประกอบโดยสังเขปของระบบจอสัมผัส

โดยหลักการแล้ว เราสามารถแสดงภาพบนจอภาพได้ โดยการเขียนรูปแบบหรือตัวอักษรต่าง ๆ ลงไปใน วิดีโอแรม (เขียนเป็นเลขฐานสิบหก) วงจรควบคุมจอภาพ (CRT CONTROLLER) จะนำภาพต่างๆ ไปปรากฏบนจอภาพโดยการควบคุมของ CPU BOARD

ในขณะที่ภาพปรากฏอยู่บนจอภาพ ตามรูป 1.1 เราจะเห็นว่ามีส่วนของตัวตรวจรับการสัมผัสติดอยู่ตรงส่วนหน้าของจอภาพ ที่ตัวตรวจรับนี้เองจะประกอบไปด้วย PHOTO TRANSISTOR และ LIGHT EMLTTING DIODE ที่ทำงานในย่านแสงอินฟราเรด วางแผงแถว ROW และ COLUMCE เป็น MATRIX ขนาด 4x6 ดังรูปที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ชมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีอารมณ์ไปใช้



รูปที่ 1.2 ตำแหน่งของ LED 55C และ PHOTO TRANSISTOR (TIL 81)

หมายถึง Photo Transistor (Rx)

* หมายถึง Light emitting diode (Tx)

เมื่อมีการสัมผัสบนจอภาพในตำแหน่ง MATRIX ที่ตั้งไว้ วงจรในส่วนของภาค SCAN SYSTEM จะนำค่าที่ตรวจรับได้ ไปเก็บใน REGISTOR ของ CPU BOARD เพื่อทำการเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่ตั้งไว้ (ในการควบคุมอุปกรณ์ O/P หรือการเปลี่ยน MENU บนจอภาพ) ถ้าตำแหน่งในการสัมผัส MATRIX บนจอภาพตรงกันกับตำแหน่งที่ตั้งไว้ในการควบคุมอุปกรณ์ อุปกรณ์นั้น ๆ ก็สามารถทำงานได้ตาม PROGRAM ที่เขียนขึ้น

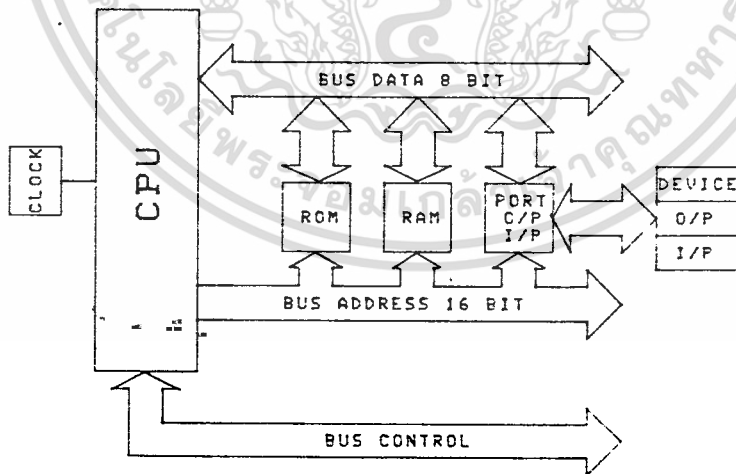
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดูและลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนควบคุมการทำงาน CPU BOARD

CPU BOARD ที่ใช้กับระบบ TOUCH SCREEN

ไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) เรียกว่าเป็นหัวใจของ ระบบ ไมโครคอมพิวเตอร์ เนื่องจากปัจจุบันนี้ ไมโครคอมพิวเตอร์โดยทั่ว ๆ ไปจะใช้ CPU เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ แต่ในที่นี้ออกแบบโดยใช้ CPU เบอร์ Z-80 ของบริษัท Zilog ซึ่งเป็น CPU ที่นิยมแพร่หลายอยู่ทั่วไปในขณะนี้

ก่อนที่จะศึกษาหรือเข้าใจการทำงานของระบบ Microcomputer แบบ Single board ซึ่งเราใช้หน่วยประมวลผลหรือ CPU Z-80 ก็จะได้กล่าวถึงลักษณะ โครงสร้างโดยทั่ว ๆ ไปเสียก่อน โดยระบบที่เป็นมาตรฐานส่วนใหญ่จะติดต่อส่วนต่าง ๆ ของระบบเข้าด้วยกันโดยใช้ Bus ซึ่งมีบัส (Bus) ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ บัสข้อมูลขนาด 8 บิต แบบ 2 ทิศทาง (Bidirectional Data Bus) บัสแอดเดรสขนาด 16 บิต (16 Bit Address Bus) และ บัสควบคุม (Control Bus) สำหรับระบบ อีกจำนวนหนึ่ง



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างระบบ Microprocessor ที่ทั่ว ๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 โครงสร้างส่วนใหญ่ของระบบจะประกอบด้วยหน่วยประมวลผล (CPU) หน่วยเก็บความจำแบบ ROM และ RAM พร้อมด้วยอุปกรณ์ติดต่อกับวงจรภายนอก (I/O Interface ตามลำดับ)

BUS ข้อมูลขนาด 8 บิตนั้นจะทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผล (CPU) ให้รับคำสั่งจากหน่วยความจำจากอุปกรณ์ Input หรือส่งข้อมูลจากหน่วยประมวลผล (CPU) ไปยังหน่วยเก็บความจำและอุปกรณ์ O/P ซึ่งระบบที่มีสายบัสข้อมูลขนาด 8 เส้น หรือ 8 บิตนี้เราเรียกว่า 1 Byte ก็ได้

BUS Address สาย Address จะมีขนาด 16 บิต ปกติจะทำหน้าที่ใช้อ้างตำแหน่งสำหรับหน่วยความจำและอุปกรณ์ I/P, O/P (I/O Port) โดยสามารถอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำได้เท่ากับ 2^{16} หรือ 56,636 ตำแหน่ง หรือที่เรียกว่า 64K (1K Byte = 1024) และหน้าที่อีกอย่างก็คือใช้อ้างตำแหน่งของ Port ซึ่งใช้สาย Address ขนาด 8 บิต (A0-A7) ทำหน้าที่ในการกำหนด Port ต่าง ๆ และสามารถกำหนด I/P หรือ O/P ได้เท่ากับ 2^8 หรือ 256 Port

ขนาดของ BUS ควบคุม (Control Bus) โดยปกติในระบบ Micro ขนาด 8 บิตมักจะไม่เกิน 8 เส้น ซึ่งกลุ่มของสายควบคุมเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดการทำงานของระบบ เช่น สายควบคุมหน่วยความจำ สายควบคุม อุปกรณ์ Input และการอินเตอร์รัพท์

ก่อนที่จะเราจะพูดถึง การออกแบบของระบบนั้น จำเป็นที่จะต้องกำหนดความสามารถในการทำงานของเครื่องเสียก่อน

- ขอบเขตในการใช้งาน ปกติโดยทั่วไปแล้วจะถูกป้อน หรือ Load ด้วยโปรแกรมภาษาเครื่อง (Machine Language)
- จำนวนและประเภทของหน่วยความจำ หน่วยความจำที่ใช้จะมีทั้งแบบ ROM และ RAM หน่วยเก็บความจำแบบ ROM จะใช้เก็บ Monitor Program ส่วนหน่วยความจำแบบ RAM จะใช้เก็บข้อมูลชั่วคราว อาจจะเป็นแบบ Static หรือ Dynamic RAM ก็ได้
- จำนวน Port I/P และ O/P โดยปกติ Port I/P ถูกออกแบบโดยใช้ IC ที่เป็น I/P หรือ O/P ที่สำหรับใช้ตาม CPU เบอร์นั้น ๆ

ขอบเขตของระบบ

ระบบของ Single Board ที่ได้ออกแบบได้กำหนดอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- CPU ใช้เบอร์ Z-80 ของบริษัท Zilog
- หน่วยความจำ แบบ RAM ซึ่งจะใช้ขนาด 8K โดยเริ่มต้นที่ Address 8000H-9FFFH และส่วนขยายเริ่มต้นที่ A000H-FFFFH
- หน่วยความจำแบบ ROM ซึ่งจะเก็บ Monitor Program เริ่มต้นที่ 0000H-1FFFH โดยจะมีส่วนขยายสำหรับ หน่วยความจำแบบ ROM ซึ่งไว้ควบคุมโดยจำนวนหน่วยความจำมากที่สุดเท่ากับ 8K
- ภาคจ่ายไฟสำหรับภาคจ่ายไฟนั้นออกแบบสำหรับใช้กับ IC TTL คือระดับ 5V

CPU

ในที่นี้เราใช้ CPU เบอร์ Z-80 ดังนั้นในส่วนของการออกแบบ ชั้นแรกเราต้องกำหนดและสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock) แก่ระบบก่อนเป็นสิ่งแรกตามปกติแล้วสัญญาณที่ขา I/P และ O/P ของ CPU จะทำงานให้ (หรือรับ) I/P หรือ O/P Logic ระดับเดียวกับ IC TTL (TTL Compatible) ดังนั้นเราเชื่อมต่อวงจร I/P และ O/P เข้ากับ IC TTL ได้โดยตรงความสามารถของ CPU เบอร์ Z-80 คือสามารถทำงานที่สัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่สูงสุดเท่ากับ 4.0 MHz แต่ในระบบเราเลือกสัญญาณนาฬิกาขนาด 250 KHZ ดังนั้นเราจึงสามารถออกแบบสร้างวงจร OSC โดยใช้วงจร Gate OSC แบบธรรมดาที่มี Crystal ขนาด 3.58 MHz เพื่อให้จะได้ความแน่นอนและมีความเที่ยงตรงสูง จากนั้นเราจึงลดความถี่ของสัญญาณลงให้มีขนาดที่ CPU ทำงานได้พอดี

สำหรับ Address BUS เรากำหนดไว้ตอนต้นแล้วว่า จะใช้หน่วยความจำทั้ง RAM และ ROM ที่มีขนาดความจุอยู่ตัวละ 8K และกำหนดให้บน Board มีขนาดหน่วยความจำทั้ง RAM และ ROM อยู่ทั้งหมดเท่ากันคือตัวละ 8K ดังนั้นเราจะต้องใช้สาย A0-A15 จำนวน 16 บิต ($2^{16} = 65536$) เพื่อเลือกค่าของ Address ของหน่วยความจำแต่ละตัวสำหรับการที่เลือกให้ IC ความจำไหนทำงานก็จะใช้สาย Address จำนวนหนึ่ง BUS ข้อมูล (Data BUS) D0-D7 จะเป็น BUS แบบ 2-ทิศทาง (Bidirectional BUS) สามารถที่จะส่งสัญญาณออกไปสู่ภายนอกและรับสัญญาณจาก

ภายนอกเข้าสู่ CPU ทาง BUS ข้อมูลนี้สายสัญญาณทั้งหมดขนาด 8 บิต จะถูกนำมาใช้
หมดทั้งในการติดต่อกับหน่วยความจำ และ I/P, O/P

ภาคหน่วยความจำ

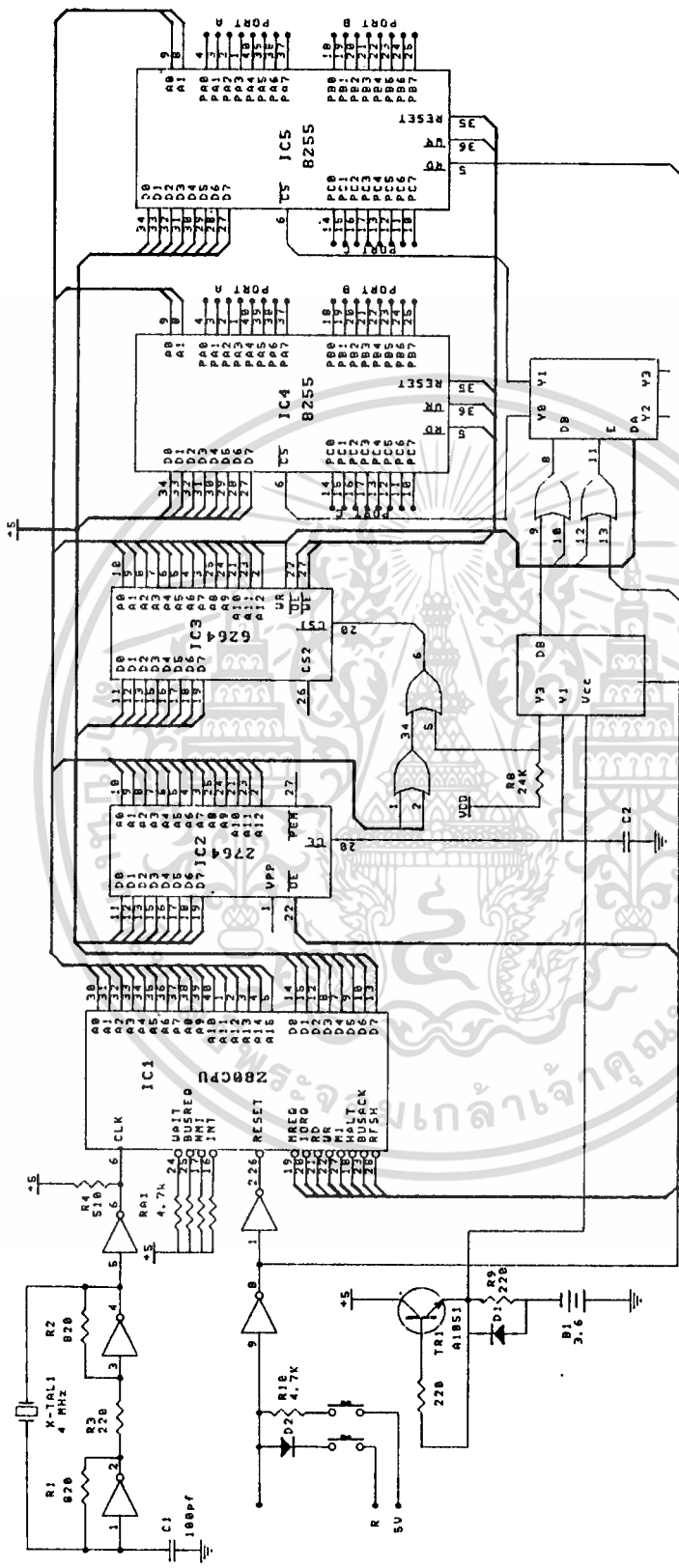
หน่วยความจำที่จะกล่าวต่อไปนี้ได้นำมาสร้าง Memory เป็นหน่วยความจำหลัก
ซึ่งมีโครงสร้างภายในแตกต่างกัน คือ ประเภทที่มาจากสารกึ่งตัวนำ 2 ขั้ว (Bipolar)
และประเภทที่มาจากสารกึ่งตัวนำชนิดโลหะออกไซด์ (MOS) ลักษณะทั่วไปของสารกึ่ง
ตัวนำนี้แต่ละหน่วย (Memory Cell) ประกอบด้วยฟลิปฟล็อป 1 ชุด สามารถเก็บข้อมูล
ได้ 1 บิต ข้อมูลหลายบิตที่แน่นอนเรียกว่าค่า Address ซึ่งในปัจจุบันที่ใช้กันอยู่มีขนาด 16
บิต และ 8 บิตต่อหนึ่ง Address

ROM (Read Only Memory) ข้อมูลทุกโปรแกรมในอุปกรณ์หน่วยความจำ
โดยโรงงานผู้ผลิต เมื่อไรก็ตาม ROM ถูกใช้งานจะมีข้อมูลเดิมที่บันทึกอยู่ส่งออกมา และ
ข้อมูลไม่เปลี่ยนแปลง

EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) ข้อมูลถูก
โปรแกรมเข้าไปในอุปกรณ์หน่วยความจำโดยผู้ใช้งานด้วยการป้อนระดับสัญญาณ High Logic
สามารถลบข้อมูลที่โปรแกรมอยู่ก่อนได้ด้วยการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตผ่านช่องกระ
จกบนตัว IC ด้วยเวลาที่กำหนดแล้วแต่ความเข้มของแสงที่ส่อง เมื่อผ่านขั้นตอน
การล้างข้อมูลแล้วก็สามารถโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้

RAM (Read Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้ สามารถรับข้อ
มูลจากภายนอกเข้าไปเก็บภายใน และสามารถเรียกข้อมูลเหล่านั้นออกมาใช้ได้เมื่อ
ต้องการ แต่หน่วยความจำแบบนี้สามารถเก็บข้อมูลได้เพียงชั่วคราวขณะที่มีไฟเลี้ยงในวงจร
อยู่เท่านั้น หากไม่มีไฟเลี้ยงวงจรข้อมูลที่บันทึกก็จะสูญหายไปด้วย

ในระบบใช้ IC หน่วยความจำ ROM และ RAM ที่มีความจุตัวละเท่ากับ 8K
Byte ใช้เบอร์ EPROM 2764 ขนาด 8K x 8 บิต 1 ตัว และสำหรับ RAM เราเลือก
ใช้ Static RAM เบอร์ 6264 ขนาด 8K x 8 บิต เช่นเดียวกัน จึงไม่จำเป็นต้องมี
สัญญาณ Refresh ให้กับหน่วยความจำนี้



Z-80 CONTROL BOARD

| | | | |
|-------|-------------|--------------------|--|
| TITLE | | Z-80 CONTROL BOARD | |
| SIZE | Number | Revision | |
| A3 | | | |
| DATE: | 13-NOV-1992 | DRAWN BY | |
| FILE: | A1SERV2/1 | SERIAL | |
| | | 00000000 | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

4. เอกสารนี้เป็นเอกสาร B. ที่สงวนไว้สำหรับใช้ในเชิงพาณิชย์เท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ในที่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

SCANING SYSTEM

จอสัมผัสที่จะกล่าวถึงเป็นแบบ Optical Sensing รอบ ๆ จอจะมี LED (Light Emitting Diode) และตัวรับแสง Photodetector ติดอยู่ LED จะสร้างตารางของลำแสงอินฟราเรด (Infrared) พาดผ่านและอยู่หน้าจอ Monitor โดยที่ Photodetector จะทำหน้าที่รับลำแสงที่ส่งออกมาจาก LED เนื่องจาก Photodetector และ LED แต่ละตัวมีตำแหน่งที่แน่นอน เมื่อมีวัตถุสัมผัสบนจอภาพวัตถุนั้นจะไปปิดกั้นลำแสงในแนวตั้งและแนวนอน ที่ผ่านบริเวณที่ถูกสัมผัส Photodetector จะรับรู้ถึงการปิดกั้นอันนี้ และทำให้ระบบรับรู้ตำแหน่งที่สัมผัสในแนวกน X และแกน Y

ข้อดีอีกประการหนึ่งของจอสัมผัสแบบนี้คือ ผู้ใช้สามารถกำหนดทั้งขนาดและรูปแบบของพื้นที่สัมผัสได้ ทำให้การนำมาใช้งานมีความอ่อนตัว และประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้อายุการใช้งานของจอสัมผัสแบบนี้ยังสูงกว่าจอสัมผัสแบบอื่น ๆ เนื่องจากอุปกรณ์ Optical ทั้งหลายถูกติดตั้งอยู่ในมุมที่ผู้ใช้ไม่สามารถเข้าถึงและอุปกรณ์ดังกล่าวยังเป็นอุปกรณ์ ประเภท Solid State ซึ่งมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

หลักการออกแบบ

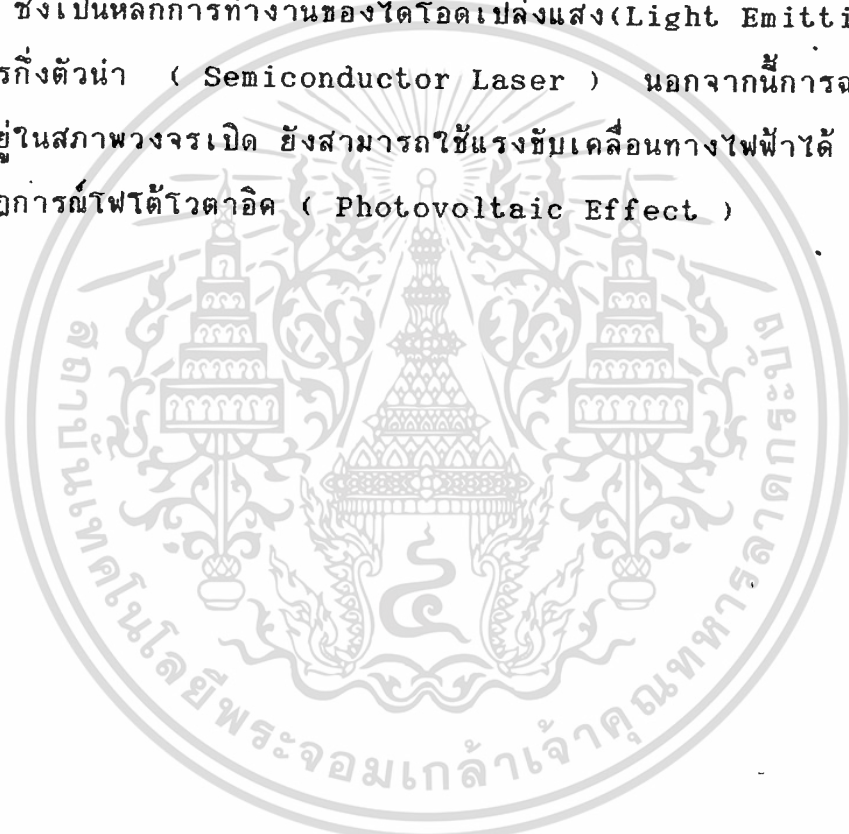
จุดสำคัญการออกแบบคือจะต้องไม่รบกวนเวลาทำงานของ Microprocessor ซึ่งจากหลักการนี้เองจึงต้องการใช้การสแกน หาตำแหน่งที่ถูกสัมผัสของแกน X และแกน Y บนหน้าจอ Monitor ด้วย Hardware หรือ Software แต่ในที่นี้จะใช้ Software ในการสแกน จากหลักการดังกล่าวจึงใช้ Optical Sensing เพื่อที่จะสร้างตารางของลำแสง Infrared พาดผ่านกันโดยมี Photodetector เป็นตัว Sensor โดยเริ่มแรกจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับเรื่องของแสงก่อน ซึ่งแสงดังกล่าวจะมีทั้งแสงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและแสงที่เกิดจากการสร้างขึ้นของมนุษย์

สิ่งประดิษฐ์ไฟฟ้าทงแสง

เมื่อฉายแสงกระทบสสาร พลังงานและโมเมนตัมของแสง จะกระตุ้นให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้นในเนื้อสาร หรือปลดปล่อยอิเล็กตรอนอิสระจากสารนั้นได้ ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์ทางแสง (Photoelectric Effect) ซึ่งครอบคลุมถึงการปลดปล่อยอิเล็กตรอน-โฮล ขึ้นในสารกึ่งตัวนำที่มีแสงฉายตกกระทบ การปลดปล่อยอิเล็กตรอนอิสระจากผิวโลหะซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

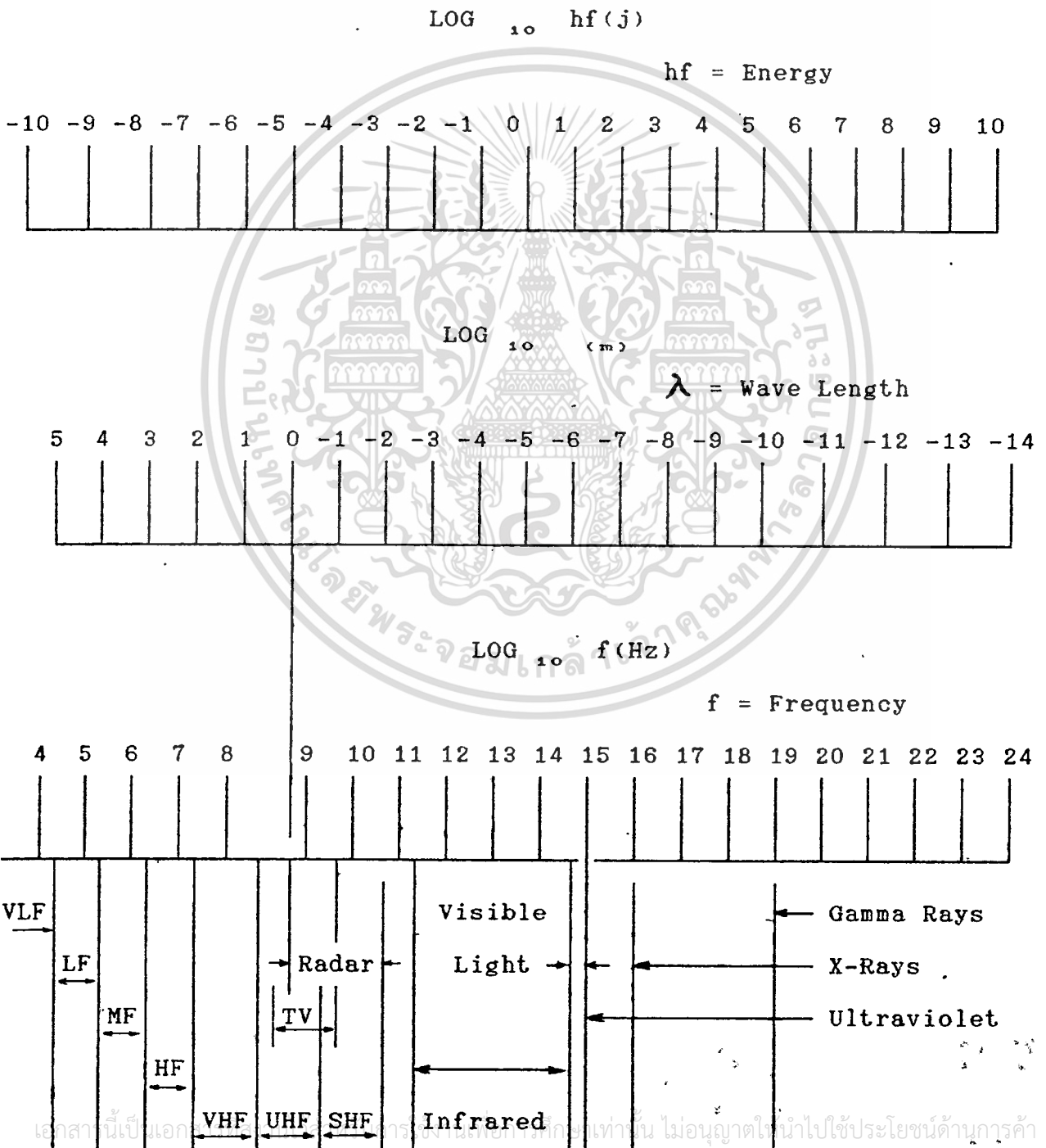
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Photoemissive Effect) และใช้อธิบาย การทำงานของหลอดโฟโตไดโอดได้ ส่วนปรากฏการณ์ทางแสง ที่เกิดขึ้นในสารกึ่งตัวนำ ที่มีแสงฉายตกกระทบเรียกว่า Photoconductive Effect ปรากฏการณ์ไฟฟ้าทางแสงที่เกิดขึ้น เมื่อมีแสงฉายมาตกกระทบบริเวณหัวต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ ได้แก่การเปลี่ยนแปลงของกระแสย้อนกลับตามขนาดความเข้มของแสง ซึ่งเป็นหลักการทำงาน ของสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่า โฟโตไดโอด (Photodiode) หรือในทางกลับกันถ้ามีการฉีดกระแสผ่านหัวต่อพีเอ็น จะเกิดการเปล่งแสง จากหัวต่อพีเอ็น ซึ่งเป็นหลักการทำงานของไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) และเลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Laser) นอกจากนี้การฉายแสงกระทบ หัวต่อพีเอ็น ที่อยู่ในสภาพวงจรเปิด ยังสามารถใช้แรงขับเคลื่อนทางไฟฟ้าได้ ปรากฏการณ์นี้ เรียกว่า ปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic Effect)



สเปกตรัมของแสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะของแสงออกเป็นหลาย ๆ ชนิดขึ้นอยู่กับความถี่หรือความยาวคลื่นเช่น แสงอินฟราเรด แสงอุลตราไวโอเล็ต รังสีเอ็กซ์ ฯลฯ เมื่อพิจารณาสเปกตรัมทั้งหมดแล้ว จะเห็นว่าช่วงความถี่ที่มองเห็นได้ ด้วยตาเปล่านั้นแคบมากเมื่อเทียบกับสเปกตรัมของแสงทั้งหมด ดังกราฟที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความยาวคลื่น ซึ่งมีความยาวคลื่นเป็น Millimicron, Nanomicron



เอกสารนี้เป็นเอกสารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามรูปที่ 3.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

VLf = Very Low Frequency

LF = Low Frequency

MF = Medium Frequency

HF = High Frequency

VHF = Very High Frequency

UHF = Ultra High Frequency

SHF = Super High Frequency

EHF = Extrremely High Frequency

ความถี่และความยาวคลื่นของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะสัมพันธ์กับความ
เร็วแสงจะเห็นได้จากสมการ

$$\lambda = c/f$$

λ = ความยาวคลื่น

c = ความเร็วแสง มีค่าเท่ากับ 3×10^8 m/s

f = ความถี่มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์

คุณสมบัติของแสงหรือการแผ่พลังงาน ได้ใช้ทฤษฎีควอนตัมของพลังค์ที่ว่า
ด้วยการแผ่พลังงาน คือแหล่งกำเนิดพลังงานจะไม่แผ่หรือปล่อยพลังงานออกมาอย่างต่อเนื่อง
แต่จะปล่อยออกมาเป็นกลุ่ม เรียกว่า ควอนตัม สำหรับการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า
เรียกว่า โฟตอน ซึ่งอาจจะถือเป็นอนุภาคแผ่พลังงาน (Radiation) ที่เกิดจากสสารได้
ดังนั้น ตามทฤษฎีควอนตัมของพลังค์ ขณะที่อิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียส จะไม่ปล่อย
พลังงานออกมาอย่างต่อเนื่อง แต่จะปล่อยออกมาเป็นกลุ่ม ๆ หรือเป็นควอนตัม เมื่อปล่อย
พลังงานออกมา วงโคจรของอิเล็กตรอนจึงไม่ลดลง

พลังงานแผ่ (Radiation) มีคุณสมบัติของคลื่น และจะเคลื่อนที่ผ่านระหว่าง
ที่ว่างเปล่า (Free Space) ด้วยความเร็วแสง และค่าพลังงานของ 1 โฟตอนจะมีดังนี้

$$1 \text{ โฟตอน} = hf \text{ (Joules)}$$

f = ความถี่ของพลังงานแผ่

$$h = \text{ค่าคงที่ของพลังค์} = 6.625 \times 10^{-34} \text{ j.s}$$

หลักการกำเนิดแสงอินฟราเรด (Infrared)

ในการกำเนิดแสงอินฟราเรดในโครงงานนี้ ได้นำเอาอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานแสงซึ่งความยาวคลื่นแสง ที่ได้จากอุปกรณ์ตัวนี้ มีความยาวคลื่นอยู่ในย่านอินฟราเรดดังที่กล่าวมาอุปกรณ์ตัวนี้คือ Infrared Light Emitting Diode (Infrared LED) ซึ่งมีข้อดีหลายประการคือ

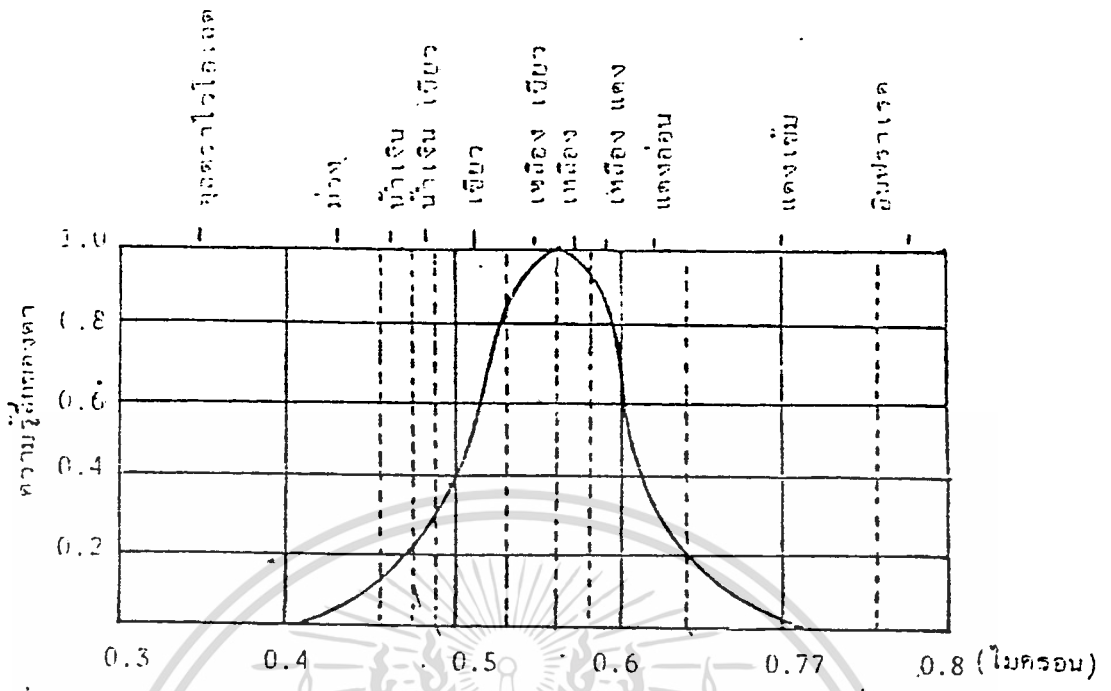
1. ใช้กระแสและแรงดัน มีค่าน้อยมากในการผลิตคลื่น
2. สามารถควบคุมการทำงานของ LED ให้มีค่าแน่นอนได้
3. มี Speed Response สูง

ลักษณะ Infrared LED ที่เหมือนกับ LED โดยทั่วไป คือจะเป็นสารกึ่งตัวนำที่ถูก dope โดยสารที่มี Valance electron ต่างกันโดยสารที่มี electron มากกว่าปกติจะเป็น N-type และสารที่มี Electron น้อยกว่าปกติจะเป็น P-type เมื่อนำสารทั้งสองชนิดมาต่อกัน จะทำให้มีการ Share Electron กันขึ้น ทำให้สารทั้งสองมีความต่างศักย์กันขึ้นเรียกว่า Potential Barrier (E_b) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขนาดของ Energy gap ดังนั้น Electron จากด้าน N-type จะเคลื่อนที่มายังด้าน P-type จะต้องใช้พลังงานค่าหนึ่ง

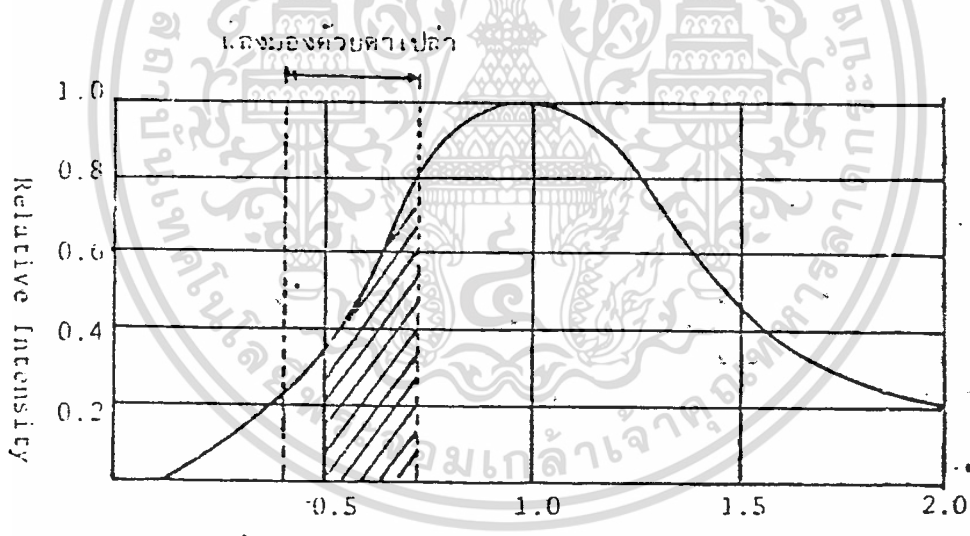
เมื่อเราป้อนแรงดันให้กับ LED จะมี Electron เคลื่อนที่จากด้าน N-Type มารวมกับ Hole ทางด้าน P-Type ซึ่งการรวมตัวกันนี้ มีอยู่ 2 ลักษณะคือ Radiative Process ซึ่งเมื่อรวมตัวกันแล้ว จะมีพลังงานบางส่วนหายไป จาก Electron-Pair และกระจายออกมาเป็น Photon ถ้าเป็นแบบ Non-Radiative Process พลังงานจะแสดงออกมาในรูป Photon หรือ Heat

แถบย่านการตอบสนอง (Spectral Responsc)

อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่แผ่พลังงานออกมาในย่านการมองเห็นและย่านอินฟราเรดดังรูป แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็น การแผ่ของคลื่นที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.4 - 0.76 Microns และตามนุษย์เราสามารถตอบสนองในการมองเห็นแสงที่มีความยาวคลื่น 0.55 Microns ที่เกิน 50% ขึ้นไปและที่ความยาวคลื่นสูงสุดที่ 0.061 Microns



(a)

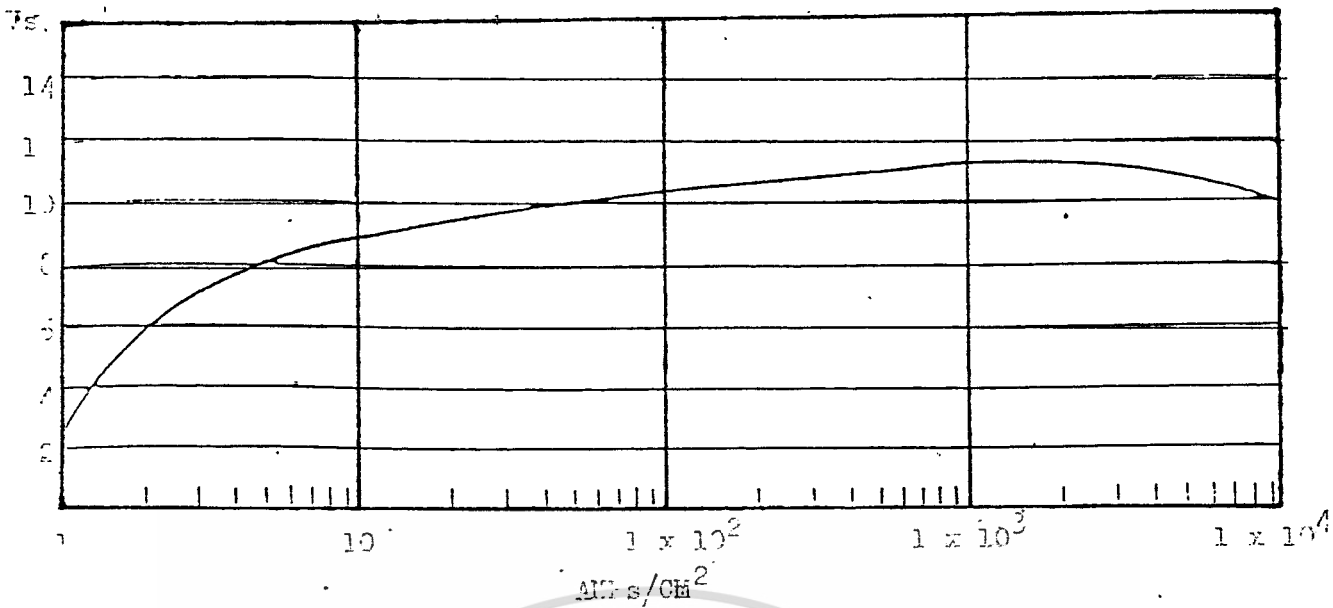


(b)

รูปที่ 3.2

- a) แสดงถึงย่านของคลื่นแสงที่ตามองเห็น
- b) แสดงถึงการเปรียบเทียบย่านของคลื่นที่ตามองเห็นกับคุณสมบัติการแผ่รังสีของหลอดไฟไส้ทั้งสแตนที่อุณหภูมิมาตรฐาน

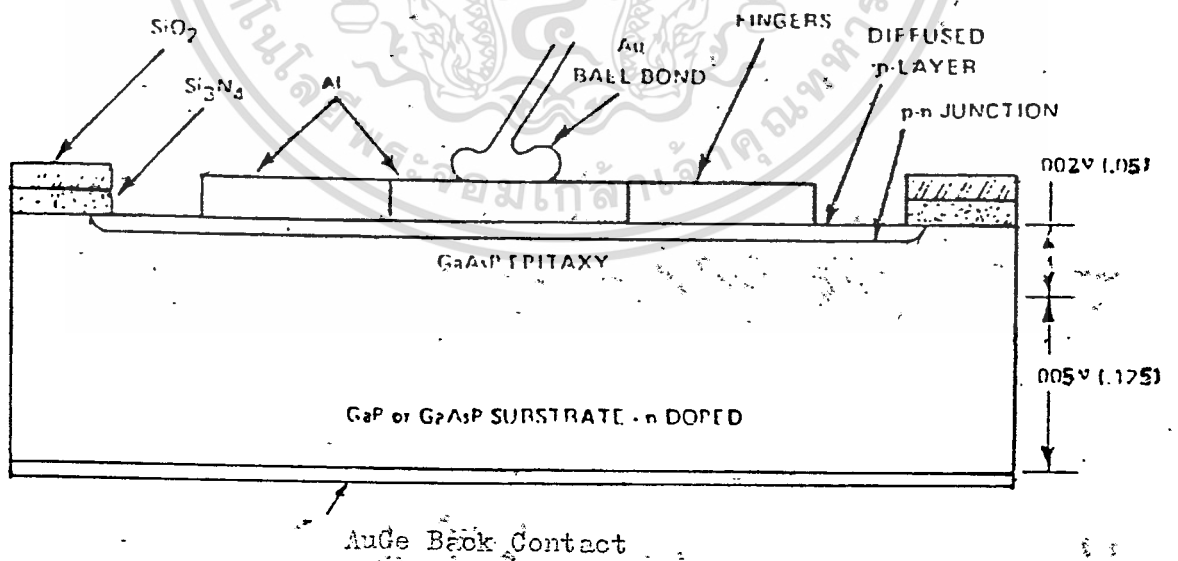
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3

Normalized Operating Efficiency VS Current Density For An LED

จากรูปที่ 2.3 เป็นรูปกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการทำงานของ LED กับค่า Current Density และจากกราฟ จะเห็นได้ว่า LED แม้ว่าจะมีค่า Current Density เปลี่ยนไปเป็นจำนวนมาก แต่ประสิทธิภาพในการทำงานก็ยังคงใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.4 Cross Section Of an LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Forward Voltage And Temperature สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ด้วยสมการ

$$I_r = I_o \exp (qv_p / nkT)$$

จากที่เราทราบมาแล้วว่า ค่า Wavelength นั้นได้จากสูตร $= 1240 / \Delta E$ เพราะฉะนั้น เมื่อ LED มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป จะทำให้ ΔE เปลี่ยนแปลงไปด้วยทำให้ค่าความยาวคลื่นเปลี่ยนไป



T-1 3/4 Lamp With Spherical Dome Lens



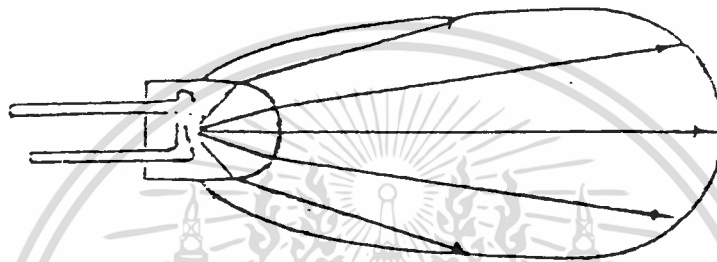
T-1 3/4 Low Profile Lamp With An Aspheric Dome Lens

รูปที่ 3.5 Radiation Patterns For Undiffused Lamp With Spherical And Aspheric Dome Lenses

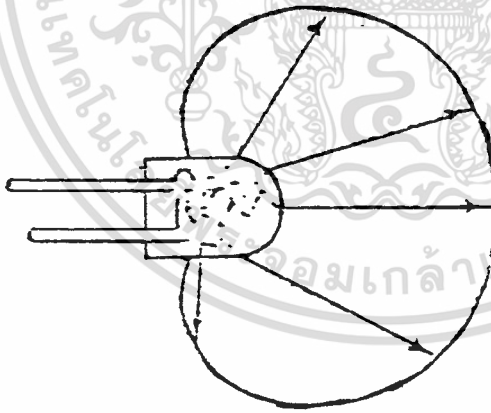
จากรูป 2.6 แสดงถึงรูปร่างของ Dome Lens ซึ่งแตกต่างกันจะให้ Radiation Pattern ต่าง ๆ กันแต่ใน Plastic LED แล้ว Spherical Dome Lens จะให้การมี Pattern เหมาะสมกับการส่งแบบ Point To Point ซึ่งจุดทั้งสองจุดจะถูกตั้งกับที่ค่อนข้างแน่นอน และจะส่งได้ไกลกว่าแบบอื่น ๆ ส่วนแบบ

Aspheric Dome Lens เหมาะสำหรับงานครอบคลุมพื้นที่ แต่ส่งได้ไม่ไกล

นอกจากนี้แม้ว่า LED จะเป็นชนิดเดียวกัน และมี Dome Lens เหมือนกัน แต่ถ้ามี Plastic ที่ใช้ต่างชนิดกัน ก็จะทำให้ผลต่อการส่งคลื่นออกไป ทำให้ Pattern ไม่เหมือนกัน เช่นในรูป 2.7 จะแสดงถึง LED สองตัวที่มีขนาดเท่ากัน และ Lens ชนิดเดียวกัน แต่ใช้ Diffused Plastic อันหนึ่ง และอีกอันหนึ่งใช้ UnDiffused Plastic จะให้ Pattern ออกมาต่างกัน



Diffused Plastic



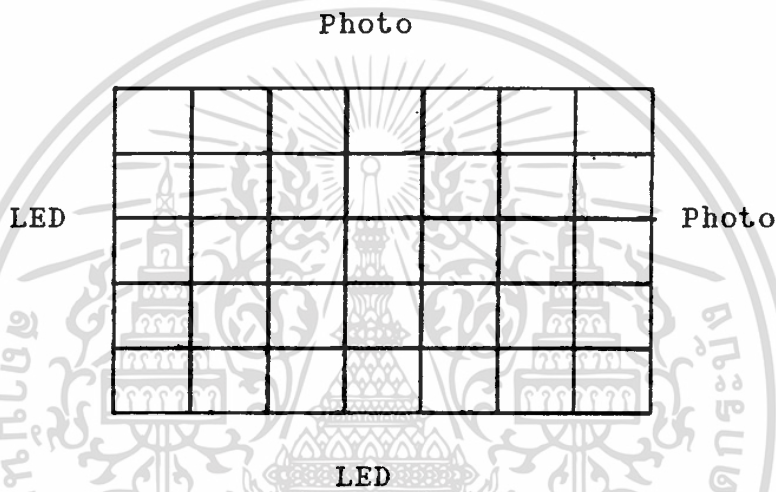
UnDiffused Plastic

รูปที่ 3.6 Comparison Between Undiffused And Diffused Plastic LED Lamps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

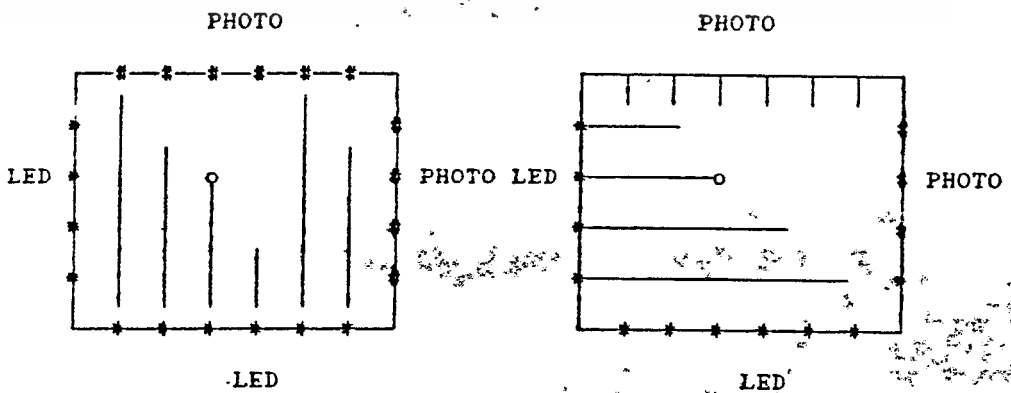
การออกแบบ Hardware ที่ใช้การ Scan ในระบบ Touch - Screen

ใบกรณีแบบ Hardware ที่ใช้ในการ Scan นี้ ส่วนของ Input ของระบบนี้ที่เป็นส่วนที่รับข้อมูลก็เปรียบเสมือน Keyboard อยู่ที่จอ Monitor ใช้ระบบสัมผัสเอาที่หน้าจอดูดยที่หน้าจอเหมือนกับ Keyboard โดยส่วนของ input กับ Output จะต้องสัมพันธ์กัน ก็คือ Software กับ Hardware จะต้องสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง เพราะ Output ที่แสดงออกมาที่หน้าจอ Monitor ที่จะให้สัมผัสนั้นจะต้องให้ตรงกับตำแหน่งของลำแสงของ LED 55C กับ Photo Transister ตัดกัน ซึ่งจะแสดงได้ดังรูป 3.7



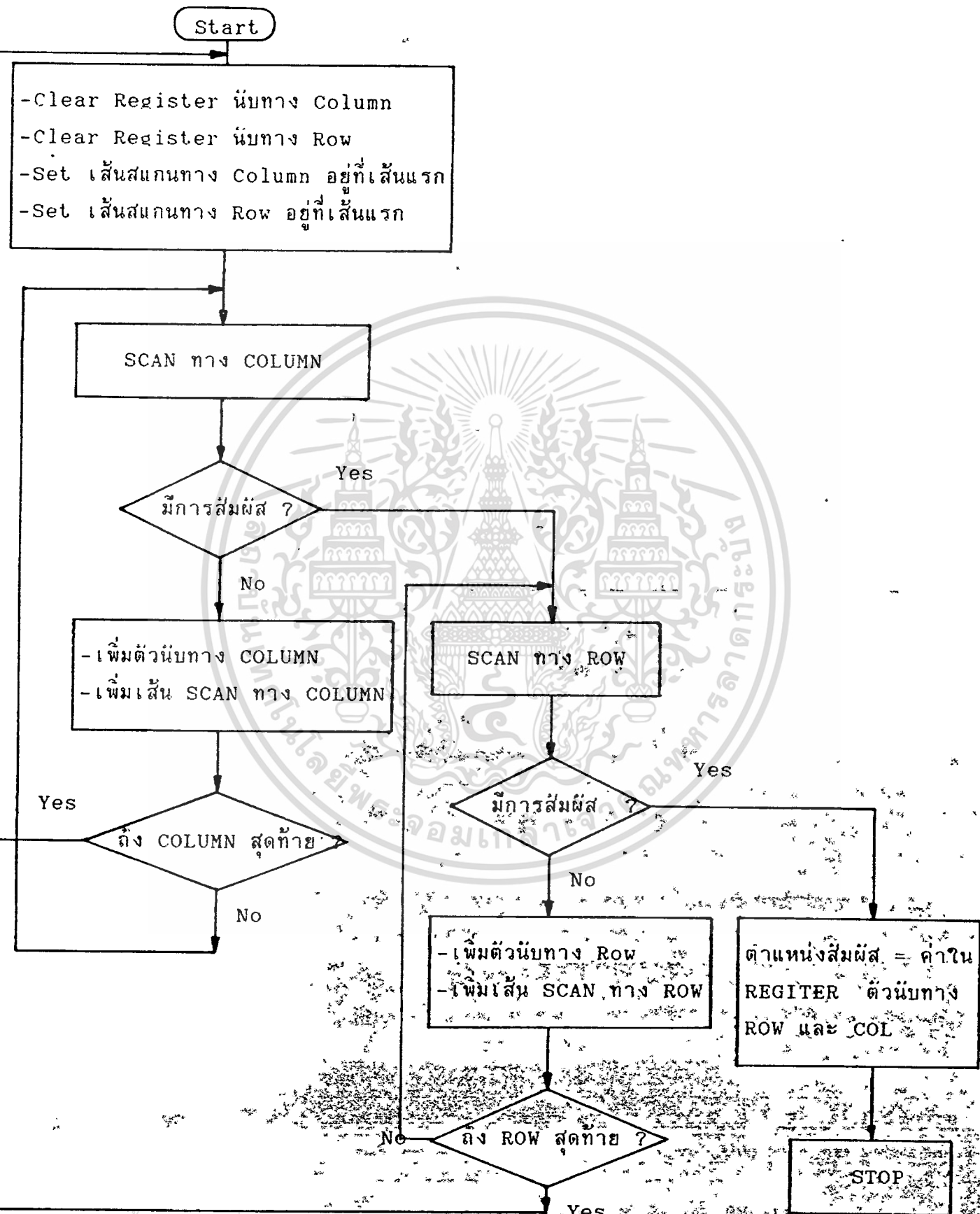
รูปที่ 3.7 ตำแหน่งลำแสงของ LED กับ Photo ตัดกัน

ในที่นี้เราใช้ LED 55C เป็นตัวส่งกับ Photo Transister เป็นตัวรับเป็นจำนวน 10 ชุด จะแบ่งออกเป็นทาง Colume 6 ชุด และทางแนว Row 4 ชุด ซึ่งจะแบ่งความละเอียดได้ 24 ตำแหน่งต่อ 1 page ก็คือตำแหน่งที่สัมผัสได้ 24 ตำแหน่งต่อ 1 page



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้(หรือ)การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาต(ให้)ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.8 (a) การหาตำแหน่งทาง Colume และรูปที่ 3.8 (b) การหาตำแหน่งทาง Row



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำเนื้อหาไปเผยแพร่และต้องอ้างอิงแหล่งที่มา

รูปที่ 3.8C
การหาจุดสัมผัส

จากรูป 3.8 สมมุติเอานิ้วเราสัมผัสในตำแหน่งดังรูป LED ก็จะสแกนจาก LED ตัวที่ 1 ไปตัวที่ 2 ที่ 3 ไปตามลำดับทาง columns จนถึงตัวที่ 6 ถ้าไม่พบว่ามีสัมผัสก็สแกนต่อไป ตาม Software ที่เราเขียนไว้ใน Program Monitor จนกว่าจะพบว่ามีสัมผัส ก็จะสามารถตรวจเก็บค่า (Detect) แล้วก็สแกนทางด้าน Rows ซึ่งการสแกนจากตัวที่ 1 จนถึงตัวที่ 4 ตามลำดับแต่ในรูปมีการสัมผัสก็จะสแกนไปจนถึงตัวที่สัมผัส แล้วก็ตรวจเก็บค่า (Detect) และจะได้ทั้งทาง Colum และ Rows

การออกแบบวงจรการรับ-ส่งแสง infrared

ในหารทา Project ครั้งนี้เราได้เลือกใช้ Infrared Emitters เป็นแบบ LED 55C (แบบมี LENS) ให้กำลังงานสูงสุดที่ Wave Lenght 940 nm และอัตราทไฟที่ 3V 170 mw และมี Half-Intensity Beam angle (θ_{1H1}) ที่ประมาณ 10 องศา ทำงานคู่กับ Photo Transisiter แบบ Silicon ซึ่งจะมี Response ต่อความยาวคลื่นย่าน Infrared ดี โดยการทดลองครั้งนี้เลือกใช้ Photo Transister แบบ N-P-N Planar Silicon รุ่น TIL 81 ซึ่งมีอัตราทไฟได้ถึง 30 v 250mw มี IL (light Current) 22 mA ที่ $H_e = 6 \text{ mw/Cm}^2$ และมี Response ต่อความยาวคลื่นย่าน Infrared ได้กระสูงสุดที่มุมประมาณ 15 องศา

เมื่อเรารู้คุณสมบัติของหม้อแปลง Optical ที่จะใช้ทั้งสองชนิดนี้แล้วเราก็เริ่มออกแบบวงจรการใช้งาน โดยต้องมีจุดประสงค์คือต้องกำหนดให้ลำแสงตัดกันแบบ Matrix คล้ายตาราง โดยใช้ลำแสงตัดกันชนิดที่เรามองไม่เห็น และเมื่อมีการสัมผัสที่จุดต้องการคือมีการบังลำแสงทำให้สภาวะของ Output เปลี่ยนแปลงไป ก็ารู้ตำแหน่งนั้น ๆ ซึ่งหลักการทำงานของวงจรต่าง ๆ จะอธิบายอีกทีหนึ่งในเรื่องการทำงานของวงจร

หลักการสร้าง

ค่านึงถึงจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

1. กรอบสำหรับที่จะยึดติดตั้ง LED และ Photo Transister
2. วงจรภาคส่งให้ LED สแกน และให้ Photo Transister รับแสงแล้วบอกสภาวะการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไหน คือตำแหน่ง Colum ไหน Row ไหน

การออกแบบวงจรทางด้านส่ง [Transmitter (Tx)]

การออกแบบวงจรทางด้านส่ง (Light Emitting Diode LED 55C) ดังรูปที่ 3.9 เพราะเราต้องการให้มีการสแกนคือให้ LED ติดที่ละดวงเพื่อหาตำแหน่งที่ต้องการ และมีกำลังพอที่จะทำให้ photo transister ตัวรับ มีกำลังรับเพียงพอที่จะใช้งานได้ อย่างไรก็ตามที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โปรแกรมหาจุดสัมผัส

```

;-----
;          SUBROUTINE "SCAN"
;          (POST) IS TOUCH POSITION
;-----

```

SCAN:

```

          PUSH AF
          PUSH BC
          PUSH DE
          PUSH HL
COL:      LD B,06H
          LD A,00H
          LD D,00H
COL1:    LD HL,0050H
          CALL DELAY_TIME
          PUSH AF
          INC D
          OUT (P_OUT),A
          LD HL,0100H
          CALL DELAY_TIME
          XOR A
          IN A,(P_IN)
          BIT 0,A
          JP Z,ROW
          POP AF
          ADD A,10H

```

DJNZ COL1

LD DE,0000H

JP GET

ROW: POP AF

LD E,00H

LD B,04H

LD A,60H

ROW1:

LD HL,0050H

CALL DELAY_TIME

PUSH AF

INC E

OUT (P_OUT),A

LD HL,0100H

CALL DELAY_TIME

XOR A

IN A,(P_IN)

BIT 1,A

JP Z,BEFO_GET

POP AF

ADD A,10H

DJNZ ROW1

LD DE,0000H

JP GET

BEFO_GET: POP AF

GET:

LD A,D

AND 00001111B

LD B,04

SHIF_L: SLA A

DJNZ SHIF_L

LD D,A

LD A,E

AND 00001111B

LD E,A

LD A,D

OR E

LD (POST),A

POP HL

POP DE

POP BC

POP AF

RET



หลักการออกแบบการคำนวณ

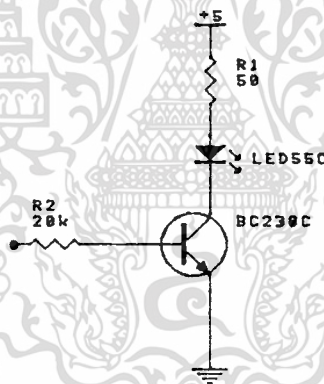
เราดูที่คู่มือของ LED 55C จะเห็นว่าให้ Power Output สูงสุด 5.4 mW เมื่อเราป้อน IF (Forward Current) = 100 mA เป็นค่าที่สูง แต่ IC 74145 ซึ่งเป็นตัว Drive ไปให้ LED สแกน นั้นไม่พอ เราจึงใช้ Transister ช่วยในการ Drive เราใช้ เบอร์ BC 238C ซึ่งมี $\beta = 400 \text{ max}$ มา Drive โดยการคำนวณค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{หา } R_C &= (5V - 0.6V) / 100\text{mA} \\ &= 44 \text{ ohm} \text{ เราใช้ } 50 \text{ ohm} \end{aligned}$$

$$\text{หา } R_B \text{ ได้จาก } \beta = I_c / I_b$$

$$\begin{aligned} I_b &= I_c / \beta \\ &= 100\text{mA} / 400 \\ &= 250 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_B &= (5V - 0.6V) / 250\text{mA} \\ &= 18 \text{ Kohm} \text{ , เราใช้ } 20 \text{ Kohm} \end{aligned}$$



รูปที่ 3.9 วงจรทางภาคส่ง

เราดูคู่มือของ TIL 81 จะได้ I_L (Light Current) ประมาณ 22 mA ที่ $V_{CE} = 5V, H = 5\text{mW/cm}^2$

จะต้องคำนวณหาค่า Irradiance กัน จากสูตร

$$H = I_e / d^2$$

I_e : Radiant Intensity (mW/str)

d : ระยะ จากตัวส่งถึงตัวรับ (cm)

และ I_e หาได้จาก

$$I_e = P_o / 2 (1 - \cos 0.5 \theta H1)$$

P_o : Power Output

เอกสารนี้ H1: Half Intensity Beam Angle เท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เมื่อ LED 55C มี $P_o = 5.4\text{mW}$

$\bullet H_1 =$ ประมาณ 10 องศา

$I_e = 25\text{ mW/str}$

หาค่า

$$\text{Irradiance } H = I_e/d^2$$

ระยะห่าง 23 cm

$$\begin{aligned} H &= 25/(23)^2 \\ &= 0.0473\text{ mW/STR} \dots\dots\text{min} \end{aligned}$$

ระยะห่าง 17 cm

$$\begin{aligned} H &= 27/(17)^2 \\ &= 0.0865\text{ mW/str} \dots\dots\text{max} \end{aligned}$$

จากคู่มือ TIL 81 ถ้า

$$H = 5\text{ mW/str} \text{ จะให้ } I_c 3.235\text{ mA}$$

ต้องมีการควบคุม กระแสที่จะใส่ผ่านเข้าตัว TIL 81 เพื่อป้องกันรบกวนจากแสงภายนอกโดยใช้ R แบบปรับค่าได้และส่วนหนึ่งของวงจร Comparator เราใช้ IC เบอร์ LM 2901 เป็นแบบ Guard คือมี 4 ตัวอยู่ในตัวเดียว และเป็น IC ชนิด Open Collector คือ ต้องมีการ Pull Up ไว้ที่ Output ของมัน การคิดคำนวณหาค่า V_{ref} นั้นเราได้จากการคิดแบบ Voltage Divider ธรรมดา คือ

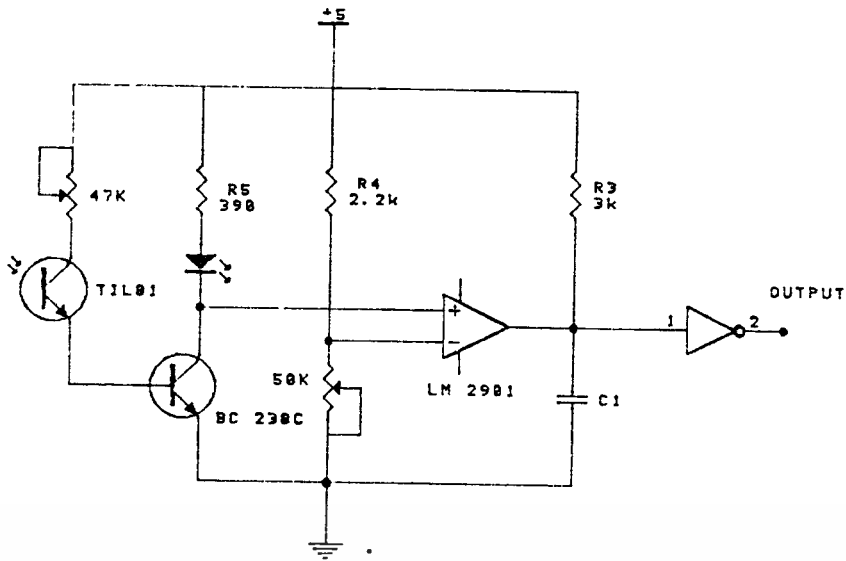
$$V_{ref} = R_1/(R_1+R_2)$$

เมื่อเราใช้ $R_1 = 2.2\text{ Kohm}$

$$R_2 = 1.5\text{ Kohm (ใช้ VR } 50\text{Kohm)}$$

เพราะเราต้องการ $V_{ref} = 3\text{V}$ (ได้จากการทดลอง)

จากวงจรเมื่อทดลองทำดูค่า V_{in} เมื่อตอนที่ยังไม่มีแสงประมาณ 0.5V และเมื่อมีการบ่งแสงประมาณ 3.2V เราจึงตั้ง V_{ref} ได้ 3V ส่วนหลักการทำงานต่าง ๆ จะได้อธิบายต่อไป

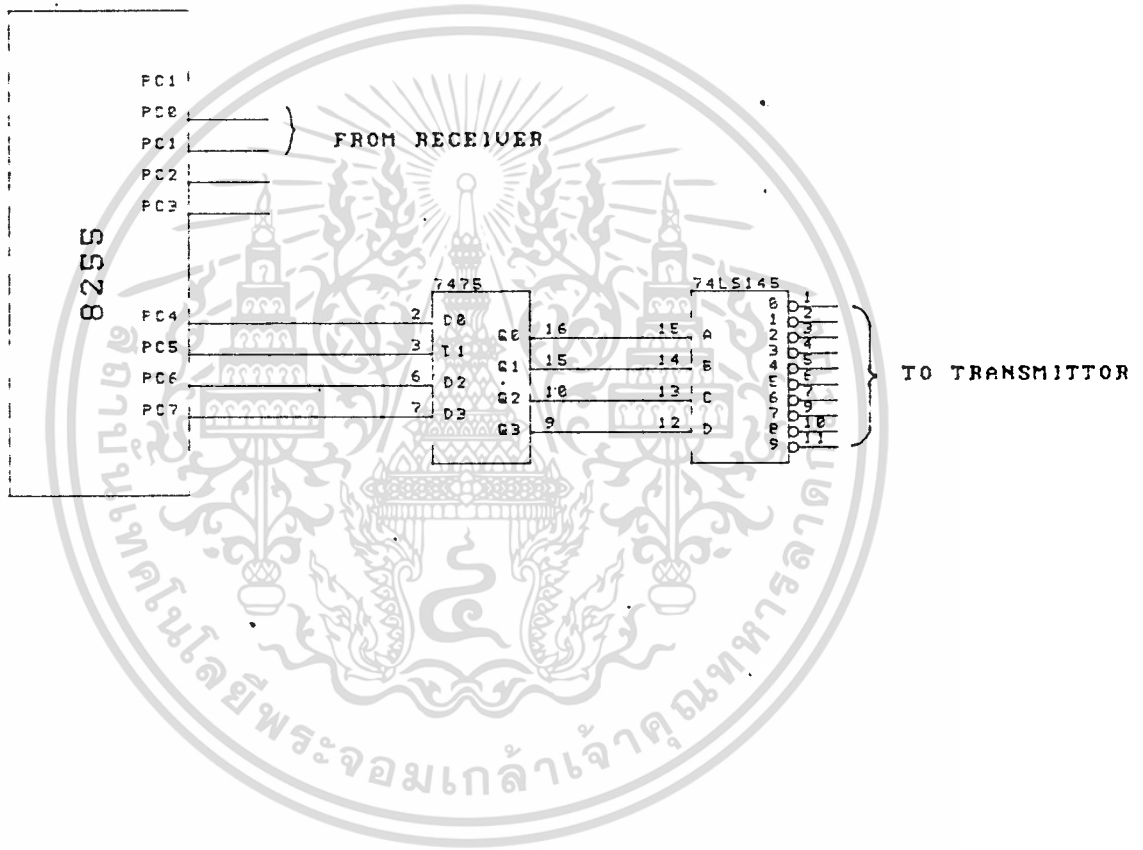


รูปที่ 3.10 วงจรทางภาครับ

จากรูปที่ 3.10 เราใช้ Comparator IC เบอร์ LM 2901 เป็นชนิด Open Collector จึงใช้ R ค่า 3K ohm ต่อไว้ที่ Output เพื่อเป็น Load และที่ใช้ 3K ohm เพื่อจำกัดกระแสให้ IC Comparator นั้นเอง ทางด้าน R ที่ต่อกับ Photo Transistor ใช้ค่าประมาณ 180K ohm เพราะต้องการให้กระแสเข้าขา B ของ Transistor เบอร์ 238C น้อย ๆ คือให้ Transistor Off จริง ๆ เมื่อมีแสง Infrared มาตกกระทบ

จากการทดลองได้ค่าที่เหมาะสมคือ ค่า R 180 Kohm แล้ว RC เพื่อต้องการจำกัดค่ากระแสของ Transistor BC 238C คือประมาณ 390 ohm (ได้จากการทดลอง)

วงจรภาค Decoder

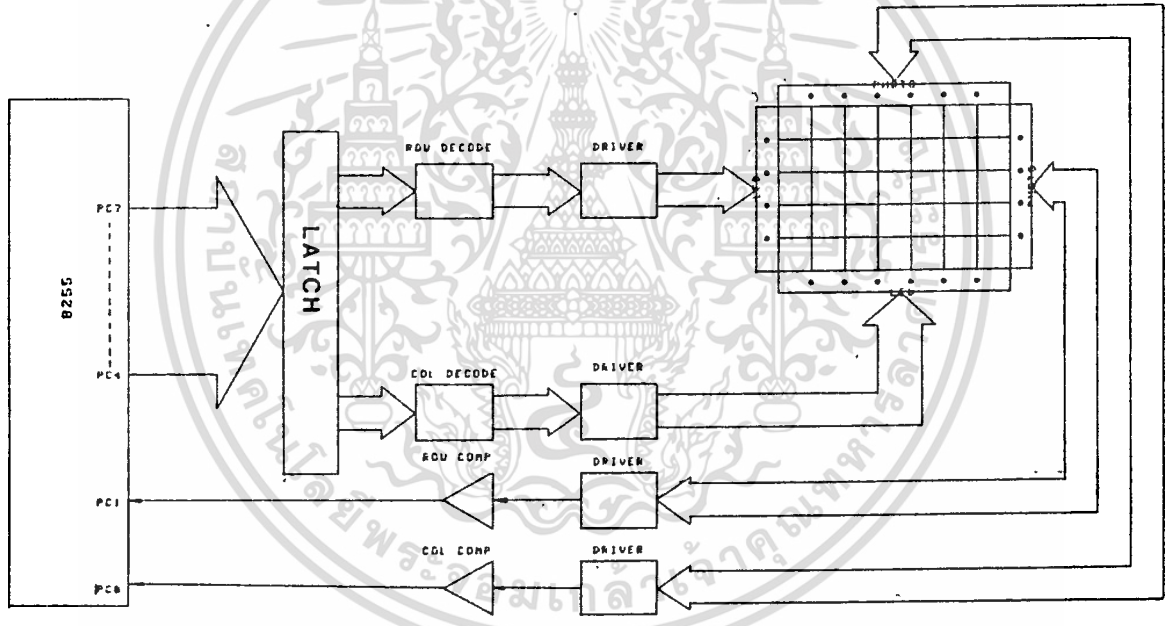


รูปที่ 3.11 ภาค Decode การ Scan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรหัส Decoder ทาหน้าที่รับข้อมูลรหัสการสแกนจาก Port 8255 ในส่วน
 ของ Control Board มาทาการถอดรหัส เพื่อให้ได้สัญญาณการสแกนเรียงลำดับกันไปทั้ง
 ทาง Row และ Column โดยใช้ IC 74145 ซึ่งเป็น IC การถอดรหัส BCD เป็น
 Decimal (4 Line to 10 Line) โดยข้อมูลก่อนเข้าสู่ตัว IC 74145 ที่ส่งมาจาก
 Port 8255 จะถูก Latch ไว้ด้วย IC 7475 เพื่อให้ข้อมูลคงอยู่ จนกว่าข้อมูลการ
 สแกนชุดใหม่จะเข้ามา Output ที่ได้จาก IC 74145 จะแบ่งเป็น Output ของด้าน
 Row จำนวน 4 Line และทาง Column จำนวน 6 Line ส่งให้แก่ภาค Driver ซึ่ง
 รวมอยู่ในภาคส่งต่อไป วงจรรหัส Decoder แสดงดังในรูป 3.11

เมื่อทาการออกแบบวงจรรหัสต่าง ๆ เสร็จเรียบร้อยแล้วนาแต่ละส่วนประกอบกันจะ
 ได้ดัง Block Diagram ดังรูปที่ 3.12 และวงจรรหัสจริงดังรูป 3.13



รูปที่ 3.12 Block Diagram ภาค Scan

ปัญหาการทงานของวงจรภาค Scan

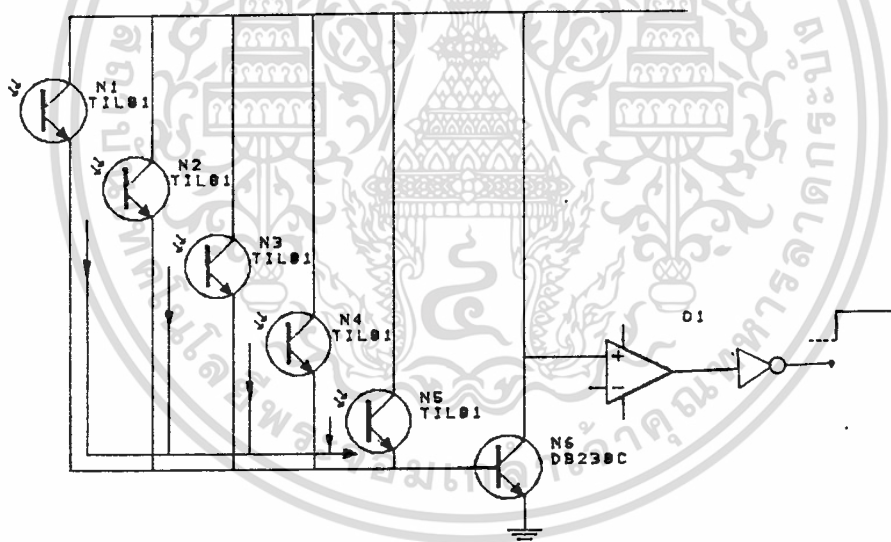
ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทงานภาค Scan นี้แบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ

1. แสงรบกวนจากภายนอก
2. แสงรบกวนจากลำแสงการ Scan ของ Chanel ข้างเคียง

ปัญหาทั้ง 2 กรณีนี้จะเกิดขึ้นที่ภาครับ เนื่องจากตัวรับแสงคือ Photo Transistor ซึ่งพิจารณาเป็นกรณีได้ดังนี้

กรณีแรก ปัญหาจากแสงรบกวนจากภายนอก

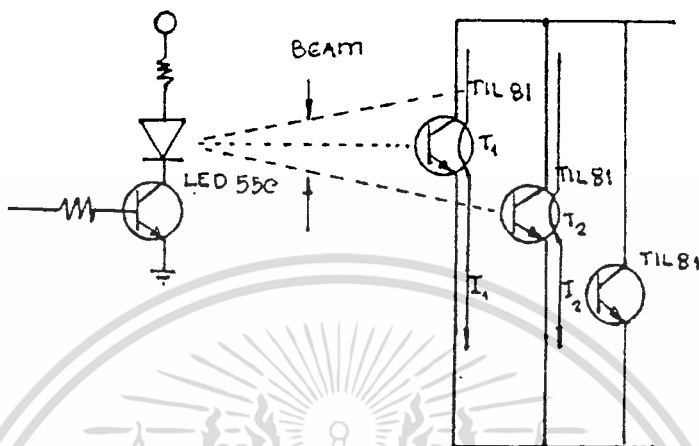
เมื่อแสงภายนอกตกกระทบตัว Photo Transistor ทางด้านภาครับแต่ละตัวทำให้เกิดกระแสรั่วไหล I_D ขึ้นในแต่ละตัวของ Photo Transistor ดังนั้นกระแส Bias I_D ที่จ่ายแก่ Q_1 จะมีเกิดตลอดเวลา นั้นหมายความว่า Output ที่ได้จะเป็น Logic High ตลอดเวลา จึงไม่สามารถตรวจจับการสัมผัสได้



รูปที่ 3.14 ปัญหาแสงรบกวนจากภายนอกทำให้ Output ที่ได้จากภาครับมี Logic High ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่สอง ปัญหาจากแสง Scan จาก Chanel ซ้ำงเคียง จะทำให้ Photo Transistor ตัวอื่นที่ไม่ต้องการติดต่อกับงานนั้นหมายความว่าเราจะไม่ทราบที่กำลัง Scan Chanel ใดอยู่ ดังแสดงปัญหาที่เกิดในรูปที่ 2.10

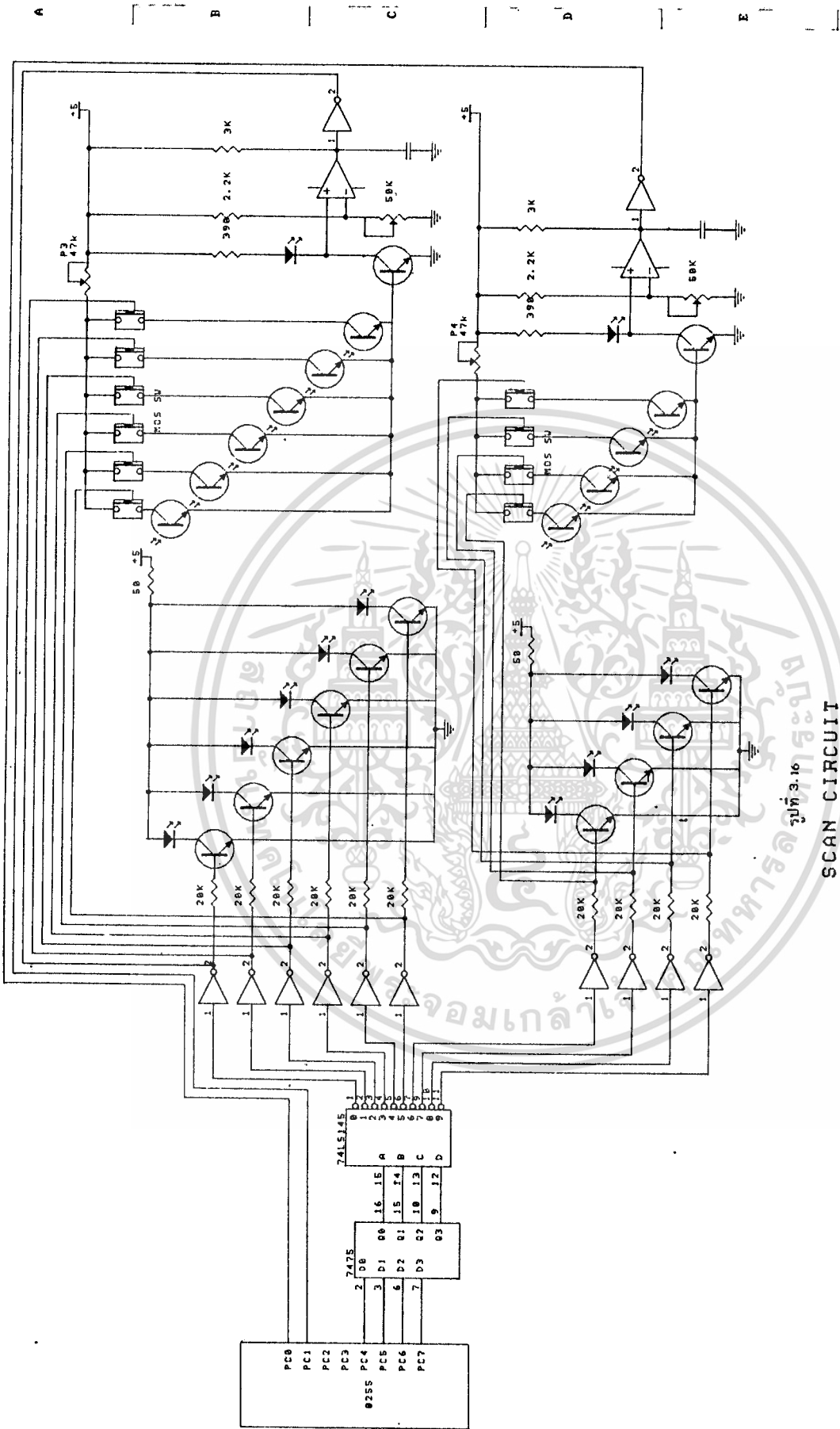


รูปที่ 3.15

ปัญหาแสงรบกวนจาก Chanel ซ้ำงเคียงที่ทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่ากำลัง Scan Chanel ใดอยู่

การแก้ไขปัญหาแสงรบกวนที่เกิดขึ้น

ปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้โดยมีหลักการว่าเมื่อเรากำลัง Scan Chanel ใดอยู่ เราจะตัด Chanel อื่นที่ภาครับออกให้หมด ดังนั้น Switch ที่นำมาใช้ปิด-เปิดในการแก้ปัญหานี้ จะต้องสามารถควบคุมการ ปิด-เปิด ได้โดยอัตโนมัติ โครงการงานชุดนี้เรา ออกแบบโดยใช้ Mos Switch เบอร์ 4016 มาใช้ดังแสดงวงจรสมบูรณ์ที่แก้ไขปัญหาแสงรบกวนดังรูปที่ 3.16

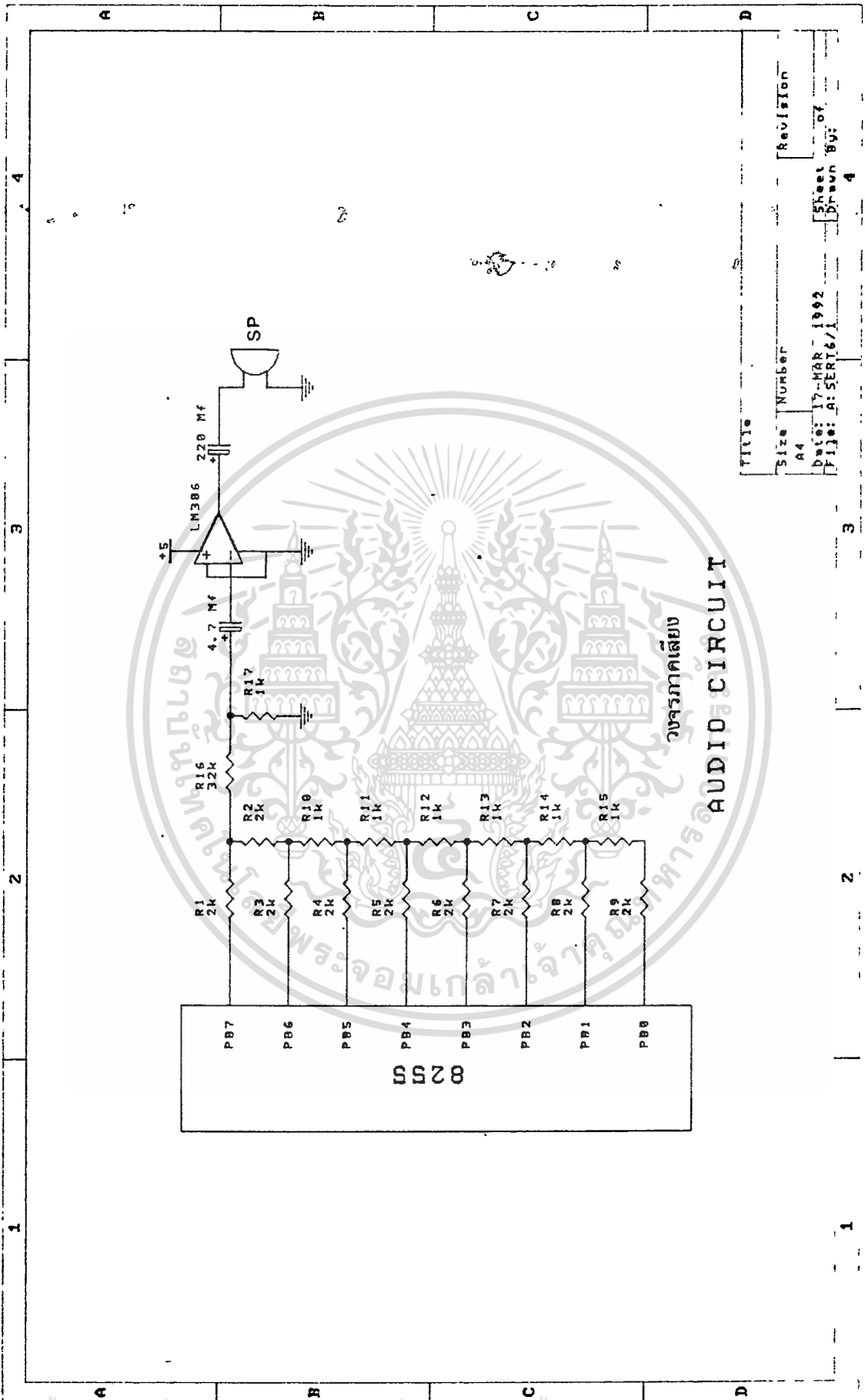


รูปที่ 3.16
SCAN CIRCUIT

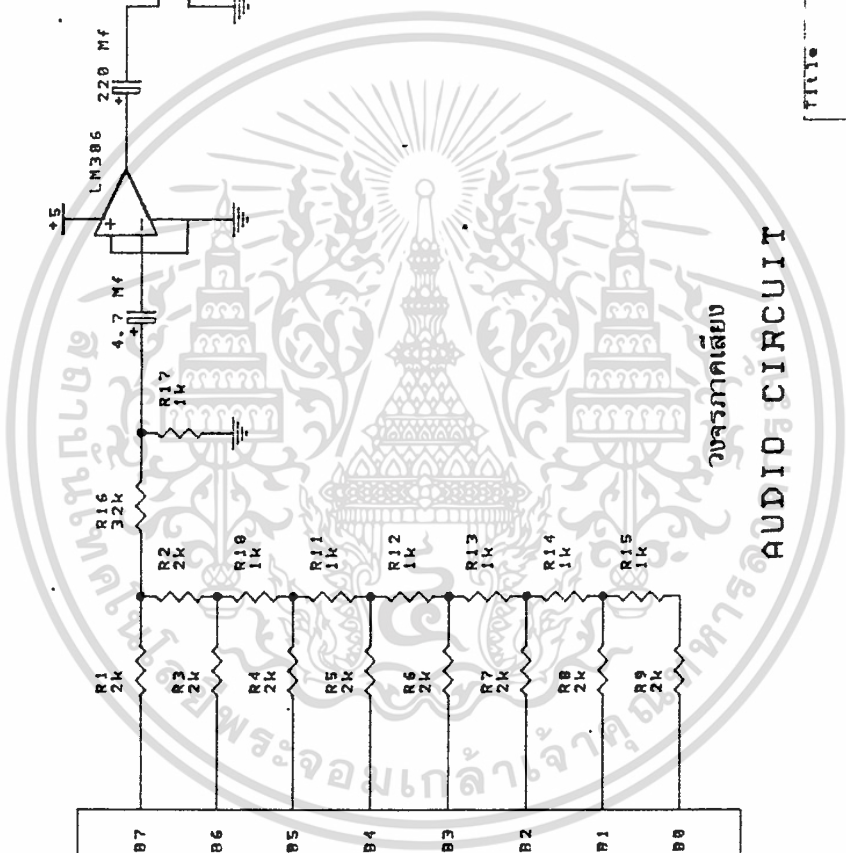
| TITLE | | SCAN CIRCUIT | |
|-------------|-------------|--------------|---------|
| Size Number | 03 | REVISION | |
| DATE | 17 MAR 1992 | DESIGN BY | FRASERY |
| FILE | ALSERV1 | NO. | 7 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| | | |
|-----------------|-------------|-----------|
| Size | Number | Revision |
| A4 | | |
| Date: | 17-MAR-1992 | Sheet |
| File: A:5ERT6/1 | | of |
| | | Drawn By: |
| | | 4 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

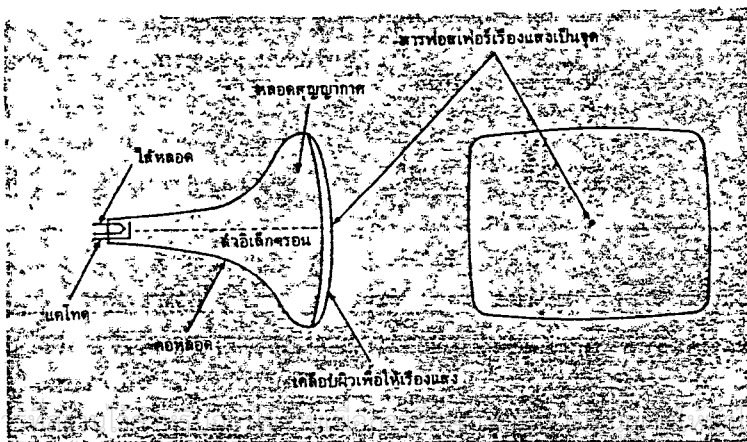
บทที่ 4

วงจรควบคุมจอภาพ (CRT CONTROLLER)บทนำ

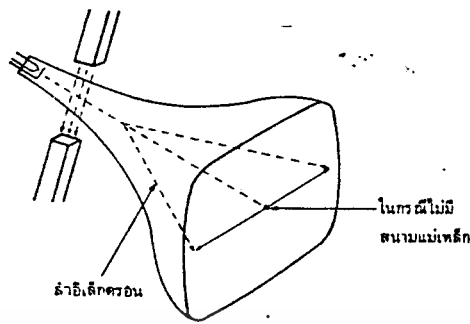
การสร้างวงจรควบคุมจอภาพ เราอาจสร้างได้จาก IC แยกส่วนคือจากไอซีที่เป็นวงจรหาร และวงจรซีฟที่รีจิสเตอร์กับพวกเกทต่าง ๆ หรือจากไอซีสำเร็จรูปมีอยู่กันหลายเบอร์ เช่น เบอร์ 6845 แต่ก่อนที่จะศึกษาการทำงานของวงจรควบคุมการทำงานโดยทั่วๆ ไปของจอภาพ (ชนิด CRT : Cathode) ซึ่งมีใช้ทั่วไปในทีวีหรือมอนิเตอร์ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจการทำงานของวงจรเสียก่อน

หากเราได้สังเกตเห็นภาพที่ปรากฏอยู่บนจอโทรทัศน์อย่างละเอียด เราจะเห็นว่าภาพนั้นประกอบขึ้นด้วยเส้นขวางเล็ก ๆ ในแนวนอนเป็นจำนวนมากซึ่งเรียกว่าเส้นสแกนไลน์ และบนเส้นสแกนไลน์นี้จะประกอบไปด้วยส่วน หรือจุดเล็กๆ ที่มีทั้งมืด และสว่างปะปนกัน (ในที่นี้กล่าวถึงเฉพาะโทรทัศน์ขาว-ดำ) ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าภาพ 1 ภาพนั้นจะประกอบขึ้นด้วยจุดเล็กๆ ที่มีระดับของความสว่างแตกต่างกันรวมอยู่เป็นจำนวนมาก

ภายในหลอดภาพของ โทรทัศน์นั้นดูรูปประกอบในรูปที่ 4.1 ซึ่งจะแสดงให้เห็นส่วนประกอบหลัก ๆ ของหลอดภาพ โดยที่แคโทดเมื่อได้รับความร้อนจากไส้หลอด จะทำให้อิเล็กตรอนออกมาและอิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้จะถูกดึงให้วิ่งไปกระทบแอนโนดโดยอาศัยคุณสมบัติทางประจุไฟฟ้าที่ว่าประจุต่างชนิดกันจะวิ่งเข้าหากันจากลบไปบวก และประจุชนิดเดียวกับผลักกัน ซึ่งอิเล็กตรอนเป็นประจุชนิดลบอยู่ จึงวิ่ง เข้าหาแอนโนดซึ่งเป็นบวกที่หน้าจอที่ถูกฉาบไว้ด้วยสารเรืองแสงจำพวกฟอสเฟอร์เอาไว้ ฉะนั้นจึงทำให้มองเห็นเป็นจุดสว่างขึ้นที่หน้าจอ ดังรูปที่ 4.2 ดังนั้นถ้าเราทำให้ลำอิเล็กตรอนสายไปมาได้ตามแนวนอนก็จะเกิดเส้นสว่างขึ้นกลางจอภาพ การสแกนทำได้โดยอาศัยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นควบคุม ดังรูปที่ 4.2

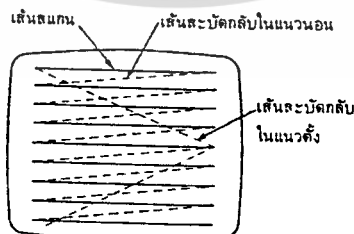


รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์จอภาพ



รูปที่ 4.2 แสดงการหักเหของลำอิลีكتروน

จากรูปหากต้องการเบนลำอิลีكتروนไปทางซ้ายมือในแนวนอน ก็จำเป็นต้องใช้สนามแม่เหล็กที่มีขั้วเหนือ ขั้วใต้ในแนวตั้งดังรูป และหากกลับขั้วแม่เหล็กลำอิลีكتروนก็จะเบนไปทางขวามือ และถ้าหากมีขั้วแม่เหล็กในแนวนอนด้วย ลำอิลีكتروนหรือจุดสว่างก็จะถูกเบนไปทางตั้งของจอ ซึ่งในทางโทรทัศน์เราจะใช้ผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแทนแม่เหล็ก โดยมันเกิดจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดที่พันอยู่รอบ ๆ คอหลอดภาพ หรือที่รู้จักกันว่า "โย็ค" ซึ่งแบ่งเป็นขดลวดของการหักเหแนวนอน และขดลวดของการหักเหแนวตั้ง และเพื่อให้เกิดการสแกน ตามรูปที่ 4.3 เราจะใช้กระแสรูปฟันเลื่อยที่มีความถี่ 15,625 เฮิรตซ์ เข้าไปในขดลวดของการหักเหแนวนอนและความถี่ 50 เฮิรตซ์ เข้าไปในขดลวดของการหักเหตามแนวตั้ง



รูปที่ 4.3 แสดงการสแกนของลำอิลีكتروน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสแกนจะเริ่มต้นขึ้น โดยการให้จุดสว่าง (ลำอิลีคตรอน) เคลื่อนที่จากซ้ายมือด้านบนของจอไปทางขวามือในแนวนอน ซึ่งเมื่อไปถึงตำแหน่งขวาสุดมันจะถูกดึงลงในแนวตั้งนิดหนึ่ง แล้วกลับไปตั้งต้นใหม่ เป็นเช่นนี้อยู่เรื่อย ๆ จนลำอิลีคตรอนไปถึงตำแหน่งขวามือล่างสุดของจอภาพ ก็เป็นอันเสร็จสิ้นการสแกนภาพหนึ่ง 1 ภาพ (ในขณะสแกนจำนวนอิลีคตรอนที่ตกกระทบหน้าจอ ซึ่งเป็นตัวกำหนดความสว่างของจุดจุดนั้น จะเปลี่ยนแปลงไปตามระดับของสัญญาณภาพ) หรือเรียกกันว่า 1 เฟรมหลังจากนั้นลำอิลีคตรอนก็จะกลับไปเริ่มต้นให้ทางด้านซ้ายมือบนสุดของจอภาพอีก เพื่อสแกนภาพหนึ่งอีกครั้งหนึ่งต่อไป อย่างไรก็ตามเพื่อลดการกะพริบของภาพ การสแกนภาพหนึ่งแต่ละภาพมักนิยมนำเป็น 2 ฟิลด์ คือให้เริ่มสแกนเส้นคู่ก่อน เมื่อครบแล้วถึงจะกลับไปตั้งต้นสแกนเส้นคี่ต่อไป ซึ่งในบ้านเราใช้เฟรมละ 625 เส้น ฉะนั้น 1 ฟิลด์เท่ากับ 312.5 เส้นสแกน

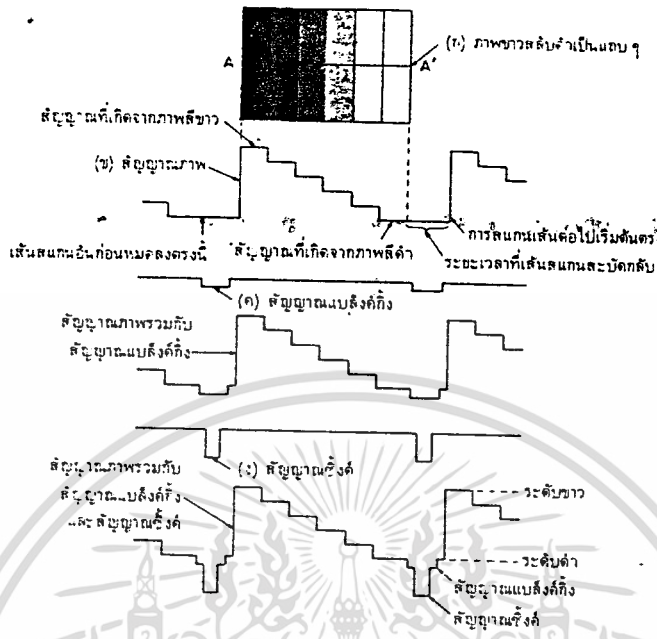
เนื่องจากการสแกนภาพหนึ่งที่กล่าวมาแล้วนั้น กระทำติดต่อกันไปเรื่อย ๆ โดยมีจำนวนเส้นต่อภาพและจำนวนภาพต่อวินาที ตามแต่ชนิดของระบบโทรทัศน์ที่ใช้ ภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์จึงมีผลเหมือนการฉายภาพนิ่ง ซึ่งภาพนั้น ๆ มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและเป็นจำนวนหลาย ๆ ภาพติดต่อกันไปและจากคุณสมบัติของตามนุษย์ที่สามารถจดจำภาพไว้ชั่วขณะหนึ่ง จึงทำให้การมองภาพบนจอโทรทัศน์เคลื่อนไหวติดต่อกันไปตลอดเวลา

โทรทัศน์หรือมอนิเตอร์โดยทั่ว ๆ ไป จะแสดงภาพได้นั้น ต้องมีสัญญาณภาพรวม (Composite Video) ป้อนที่อินพุทของภาควิดีโอแอมป์ของมัน ซึ่งสัญญาณภาพรวมนี้ประกอบด้วย

-สัญญาณซิงค์ เป็นสัญญาณที่ใช้บังคับให้การสแกนทางเครื่องรับพร้อมกัน กับทางเครื่องส่งซึ่งประกอบไปด้วย สัญญาณซิงค์ทางแนวนอน และสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง

-สัญญาณแบล็งค์กึ่ง เพื่อบังคับให้สแกนของลำอิลีคตรอนมีคี่ในช่วงสับกลับซึ่งมีทั้งสัญญาณแบล็งค์กึ่งทางแนวนอนและสัญญาณแบล็งค์กึ่งทางแนวตั้ง

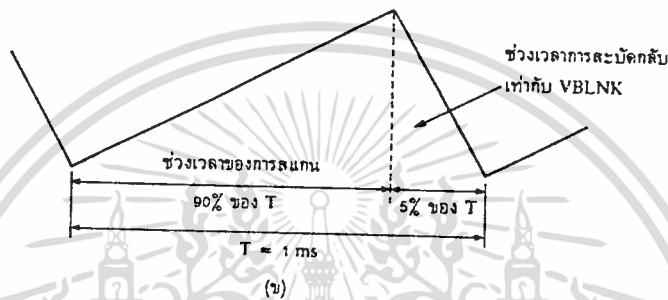
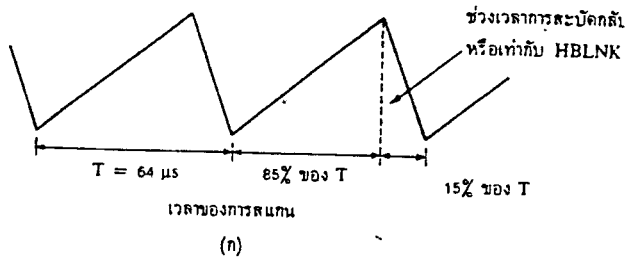
-สัญญาณภาพ เป็นสัญญาณที่จะใช้แสดงผลทางจอภาพ ซึ่งจะได้มาจากกล้องโทรทัศน์ เครื่องเล่นวิดีโอเทป หรืออื่น ๆ



รูปที่ 4.4 รูปร่างของสัญญาณโทรทัศน์ที่เกิดจากภาพขาวสลับดำเป็นแถบ ๆ

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าสัญญาณภาพรวม นั้นประกอบไปด้วยสัญญาณซิงค์ และสัญญาณภาพซึ่งกันอยู่บนระดับแรงดันที่ต่างกันไป นอกจากสัญญาณหลัก ๆ เหล่านี้แล้วยังมีสัญญาณบางสัญญาณที่ไม่ได้กล่าวถึงอีก ในที่นี้น่ามากกล่าวเฉพาะกับที่เกี่ยวข้องกับโครงงานของเราเท่านั้น ต่อไปเราจะมาดูส่วนย่อย ๆ ของสัญญาณเหล่านั้นอีกครั้งหนึ่งคือ สัญญาณซิงค์ทางแนวนอน (Horizontal Sync) หรือ HSYNC มีความถี่ 15625 เฮิรตซ์ มีคาบเวลาเป็นไมโครวินาที นานประมาณ 5 ไมโครวินาที

ส่วนสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง (Vertical Sync) หรือ VSYNC มีความถี่ 50 Hz มีคาบเวลาเป็น 20 มิลลิวินาที (จาก $T = 1/F$ เมื่อ T เป็นคาบเวลา และ F เป็นความถี่) และนานประมาณ 1 มิลลิวินาที ที่เหลือคือ สัญญาณแบล็งค์กึ่งทั้งแบล็งค์ในแนวนอน (horizontal blanking HBLNK) กับแบล็งค์ในแนวตั้ง (vertical blanking :- VBLNK) ซึ่งเป็นช่วงของการลบเส้นสะบัดกลับของทั้งการสแกนในแนวตั้ง และแนวนอน ขอให้คุณรายละเอียดของสัญญาณดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงรูปคลื่นของสัญญาณซิงค์ที่ถูกเปลี่ยนเป็นคลื่นรูปฟันเลื่อยแล้ว

(ก) แสดงช่วงเวลาของ Horizontal Sync

(ข) แสดงช่วงเวลาของ Vertical Sync

การแสดงผลทางดิจิทัล

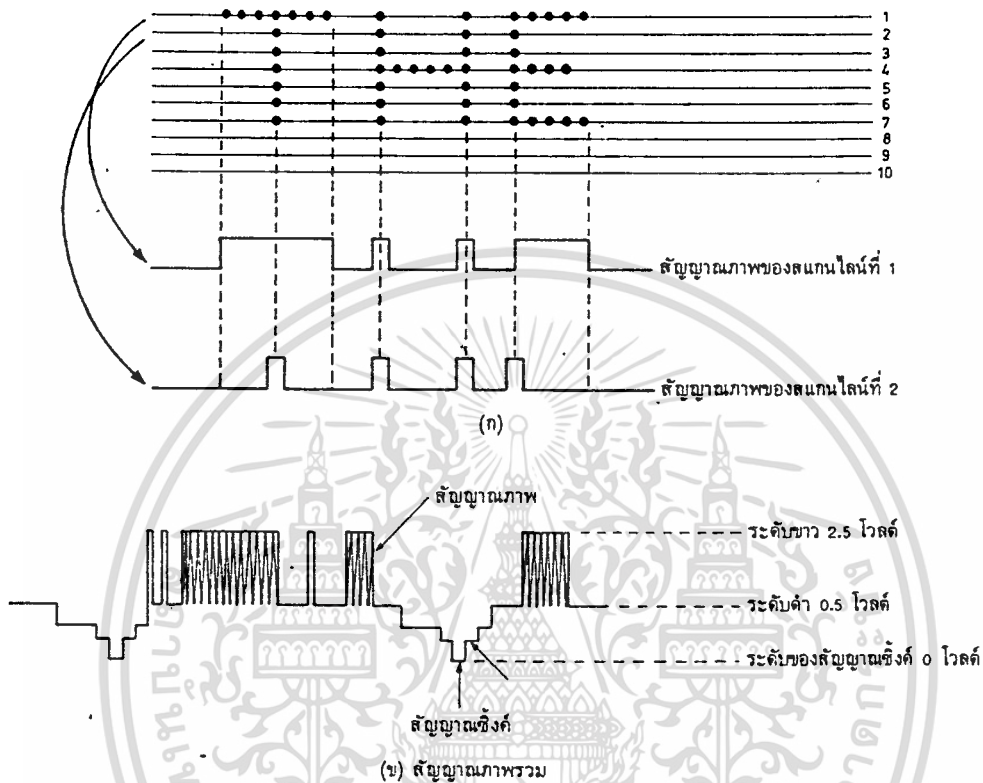
จากเท่าที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นการแสดงผลทางลิเนียร์ แต่ในโครงการนี้เป็น
การแสดงผลทางดิจิทัล ซึ่งการแสดงผลนั้นจะไม่มีออกเป็นจุดเทาหรือ ความสว่างระดับ
อื่น ๆ คงมีแต่เพียงจุดขาวกับจุดดำเท่านั้นซึ่งจะให้ลอจิก "1" เป็นจุดขาว และลอจิก "0"
เป็นจุดดำ และการแสดงผลแบบนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบอีก คือ แบบแสดงผลเป็นตัว
อักษร (Text Mode) และแบบแสดงผลเป็นรูปภาพ (Graphics Mode)

การแสดงผลในโหมดตัวอักษรใช้สำหรับการแสดงผลเป็นตัวอักษร หรือรูปภาพ
เล็กๆที่ได้กำหนดเป็นรูปแบบไว้แล้วในอีพรอมคาแรกเตอร์เจน (Character Generator)
ซึ่งอาจจะออกแบบไว้เป็น แมตริกซ์ 7×9 หรือ 8×8 จุดคือในช่องหนึ่งๆจะมีจุดภาพอยู่ 8×8
จุด ซึ่งนำไปประดิษฐ์ตัวอักษรได้ 1 ตัว หรืออาจจะเป็นรูปเครื่องหมาย รูปภาพเล็ก ๆ

สมมติว่าจัดอักษรเป็นแมตริกซ์ 8×8 คือจะเป็น 8 จุดทางแนวนอนและ 8
จุดทางแนวตั้ง นั่นคือ ต้องใช้สแกนไลน์ถึง 8 เส้น ในการแสดงผลอักษร 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงภาพทางดิจิทัลนั้น จะแตกต่างกับทางลิเนียร์ เฉพาะสัญญาณภาพเท่านั้น โดยทางดิจิทัลเป็น "0" กับ "1" เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ส่วนสัญญาณซิงค์แบบลิ่งคิง ยังเหมือนเดิมทุกประการ



รูปที่ 4.6 แสดงรูปคลื่นของสัญญาณต่าง ๆ ในการแสดงภาพทางดิจิทัล

(ก) แสดงสัญญาณภาพทางดิจิทัล

(ข) สัญญาณภาพรวม ในการแสดงภาพทางดิจิทัล

การแสดงภาพในแบบอักษรจะแบ่งจอภาพเป็นคอลัมน์ในทางแนวนอน และเป็นบรรทัดอักษรในทางตั้ง เช่น เครื่องแอปเปิ้ลแบ่งจอภาพเป็น 40 คอลัมน์ 24 บรรทัด อักษร จะแสดงภาพอักษรได้ $40 \times 24 = 960$ ตัว อักษรแต่ละตัวเป็นแมทริกซ์แบบ 8×8 จุดภาพ ซึ่งจะต้องกำหนดให้เป็นภาพที่ต้องการเช่นเป็นภาพอักษร ตัวเลข เครื่องหมาย หรือภาพอื่นใดไว้ในคาแรคเตอร์เจน ๗ (Character Generator)

คาแรคเตอร์เจน ๗

คาแรคเตอร์เจน ๗ เป็นหน่วยความจำประเภท ROM ปัจจุบันนิยมใช้ EPROM หน่วยความจำนี้ 1 ไบต์ คือ 8 บิต สามารถทำให้เกิดจุดภาพได้ 8 จุดในทางแนวนอน ดังนั้นจึงต้องใช้หน่วยความจำ 8 ไบต์ เพื่อทำให้เกิดภาพในแบบแมทริกซ์ 8×8 ได้ 1 ภาพ

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ 1 อักขระหากใช้ EPROM เบอร์ 2716 คือ 2 กิโลไบต์จะได้ภาพอักขระเท่ากับ $2048/8 = 256$ ตัว

หน่วยความจำขนาด 2 กิโลไบต์มีขาแอดเดรส 11 ขาในการสร้างแพทเทอร์นของภาพอักขระในคาแรคเตอร์เซต χ ได้กำหนดไว้ว่าขาแอดเดรสตั้งแต่ A_0 ถึง A_{10} รวม 8 ขาเป็นการกำหนดว่าเราต้องการภาพอักขระใดใน 256 ภาพดังกล่าวมา ($2^8 = 256$) ส่วนขา A_0 ถึง A_2 เป็นการกำหนดว่าเราจะเลือกไบต์ใดใน 8 ไบต์ของอักขระนั้น ๆ ซึ่งจะสัมพันธ์อยู่กับสแกนไลน์ ที่จะกล่าวต่อไป ขอย้ำตรงนี้ว่าเมื่อเรากำหนดรหัสและกำหนดไบต์ที่ในรหัสนั้นเราจะได้ภาพ 1 ไบต์คือ 8 จุด ภาพบนจอภาพ

เราสามารถสร้างตัวอักษรและรูปต่าง ๆ ได้ โดยดูจากรูปที่ 4.7 สมมุติเราจะสร้างอักขระ "A" เราสามารถกำหนดจุดสว่างเป็น "1" และจุดมืดเป็น "0" แล้วเราคิดออกมาเป็นเลขฐาน 16 เมื่อเราเคาะค่าเหล่านี้ลงไปที่แอดเดรส 4010H จนถึง 401FH ดังรูปก็จะได้ตัวอักษร A บนจอภาพ (จะเห็นว่าอักขระ 1 ตัวใช้หน่วยความจำ 8 ไบต์ / 1 อักขระ) การเรียกอักขระออกมาแสดงผล จะใช้รหัสเป็นตัวอ้างอิง ฉะนั้นในการจะนำรูปแบบของอักขระต่าง ๆ ไปลงที่แอดเดรสใดนั้นจะต้องคำนึงถึงรหัสด้วย คือถ้าเป็นรหัส 00H จะอยู่ไบต์ที่ 0 ถึงไบต์ที่ 7. (อักขระ 1 ตัวใช้หน่วยความจำ 8 ไบต์) และรหัส 01H จะอยู่ในไบต์ที่ 8 ถึงไบต์ที่ 15 โดยทั่วไปการจัดการรหัสนั้น จะจัดตามมาตรฐานรหัส ASCII

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10H | 4010H |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 28H | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 44H | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 44H | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7CH | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 44H | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 44H | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 00H | 401FH |

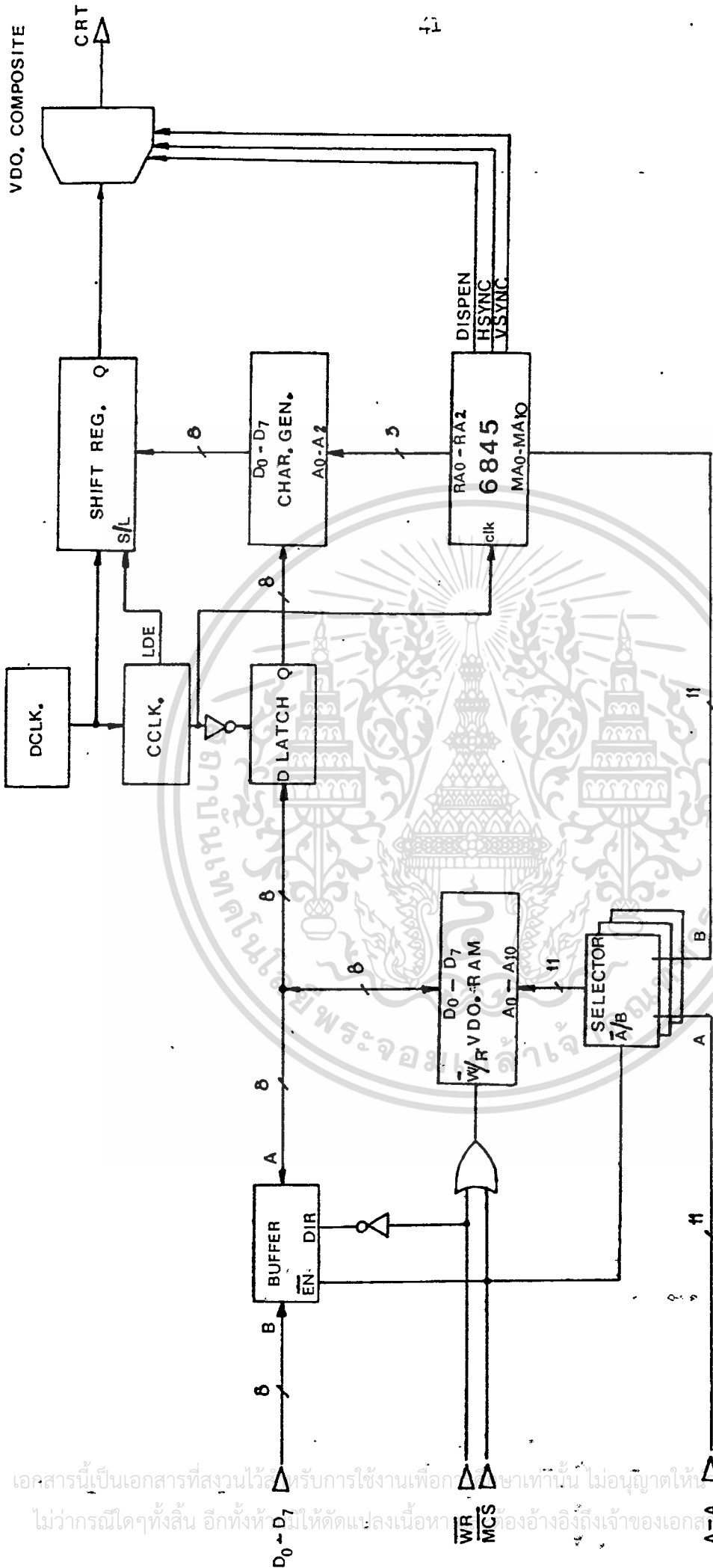
รูปที่ 4.7 แสดงการกำหนดตำแหน่งข้อมูลลงในหน่วยความจำอีพรอม

ขอให้สังเกตรูปนี้ให้ดี เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในสัญญาณ RA_0 - RA_8 ของ 6845

วงจรควบคุมภาพ

จากที่กล่าวไว้แล้วเบื้องต้น 6845 ยังเป็น CRT CONTROLLER ที่ยังไม่สมบูรณ์แบบต้องอาศัยส่วนประกอบอื่น ๆ ตามรูปที่ 4.8A และ 4.8B มารวมกันเข้าเป็นวงจรควบคุมจอภาพ สมมุติเราต้องการให้จอภาพของเราเป็นจอภาพขนาด 80 คอลัมน์ จากข้อกำหนดที่กล่าวไว้แล้ว ตอนต้นว่าอักขระแต่ละตัวเป็นเมทริกซ์แบบ 8×8 จุดภาพ เพราะฉะนั้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 a Block Diagram CRT Controller

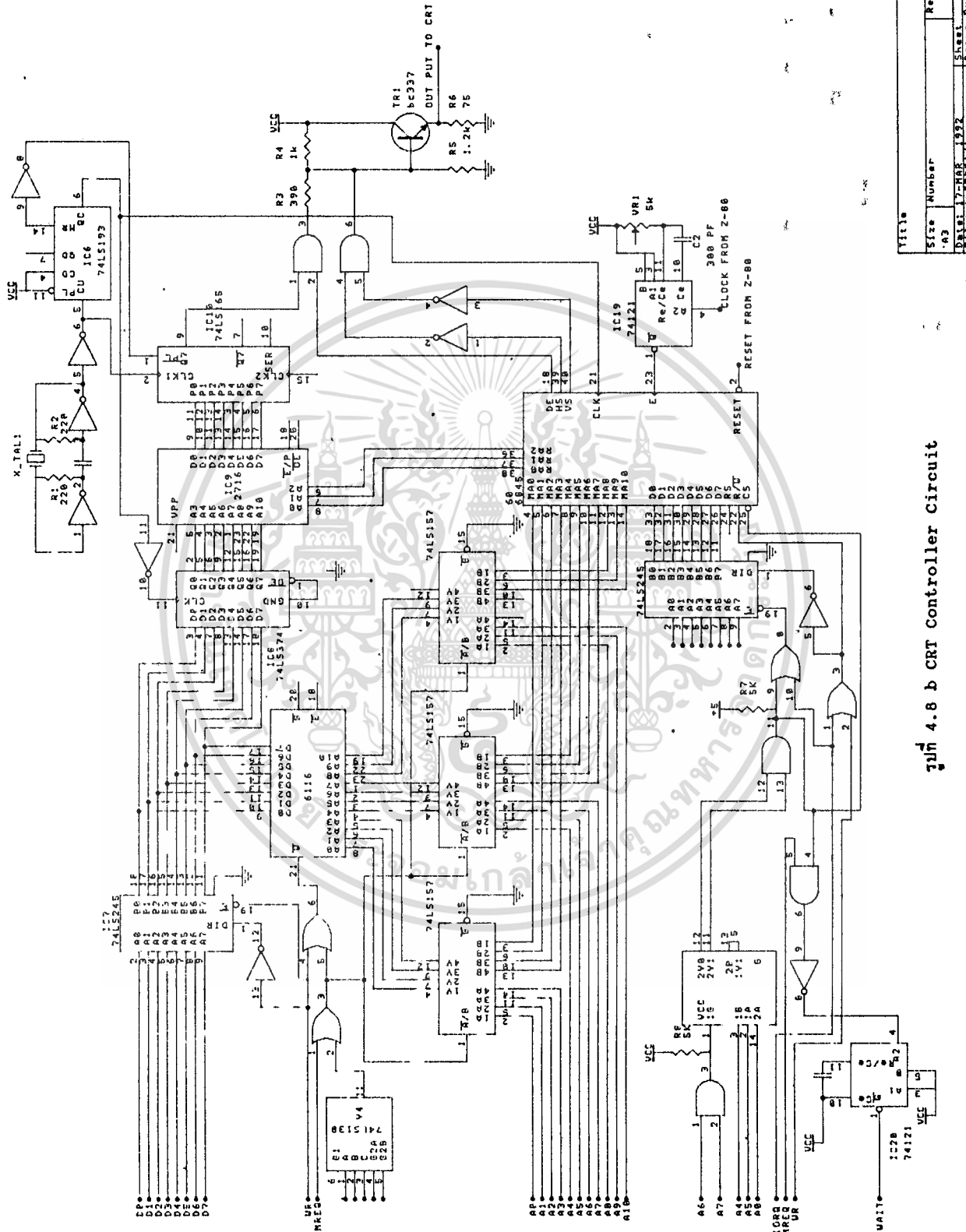
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ดัดแปลงเนื้อหา หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกำหนดไปใช้

ในหนึ่งสแกนไลน์จะต้องใช้ 640 จุดภาพ ($80 \times 8 = 640$) และจำนวน 640 จุดภาพ คือภาพที่ต้องปรากฏบนจอจำเป็นจะต้องบวกช่วงเวลาของการแบลิ่งค์อีกประมาณ 30 % ก็เท่ากับ $(640/100) \times 30 = 192$ ซึ่งคิดเป็นเวลารวมทั้งหมดแล้วก็จะเท่ากับ $640 + 192 = 832$ จุดภาพ แต่เพื่อความสะดวกในการจัดหาคริสตอล อีกทั้งการแสดงผลภาพทางดิจิทัลของเรานั้น ไม่จำเป็นต้องให้ภาพเต็มจอ ฉะนั้นจึงกำหนดช่วงเวลาแบลิ่งค์เพิ่มเป็น 423.6 จุดภาพ จุดภาพทั้งหมดจึงรวมเป็น 1063.6 จุดภาพ ต่อ 1 สแกนไลน์

จากที่บอกไว้แล้ว 1 สแกนไลน์ใช้เวลา 64 ไมโครวินาที ดังนั้น 1 จุดภาพจะนานเท่ากับ $64/1063.6$ เท่ากับ 0.0601 ไมโครวินาที หรือความถี่ได้จากสูตร $F = 1/T$ เท่ากับ $1/0.0601 = 16.62$ เมกะเฮิรตซ์ มันจึงเป็นค่าคริสตอล ที่จะนำมาเป็นสัญญาณนาฬิกาที่จะเลื่อนข้อมูลออกจากชิพรีจิสเตอร์แล้วก็ตั้งชื่อสัญญาณนี้ว่า DCLK (Dot Clock)

อีกสัญญาณหนึ่งคือ CCLK (คาแรตเตอร์คล็อก) เป็นการนำเอาสัญญาณ DCLK มาหารแปด ($16.62 \text{ MHz} = 2.077 \text{ MHz}$) การที่นำสัญญาณ DCLK มาหารแปดเนื่องจากว่าเรากำหนดให้อักษร 1 ตัว มี 8×8 จุดภาพเพราะฉะนั้นเมื่อครบ 8 จุดก็จะได้คาแรตเตอร์ 1 ตัว นั่นก็คือเมื่อเกิด DCLK 8 ครั้งจะเกิด CCLK 1 ครั้งนั่นเอง สัญญาณนี้จะถูกส่งไปควบคุม 6845 ที่ขา CLK อีกที่หนึ่ง

ส่วนสัญญาณ LDE (Load Data Enable) เป็นสัญญาณ Shift/Load เพื่อให้มันโหลดข้อมูลแบบขนานเข้าตัวมัน มีความถี่เท่ากับ CCLK



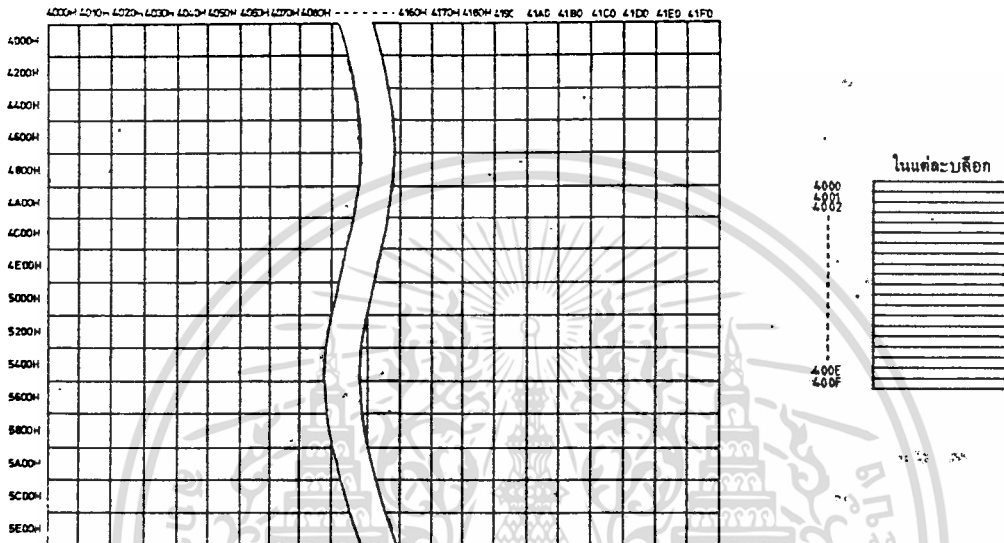
รูปที่ 4.8 b CRT Controller Circuit

| Size | Number | Revision |
|--------------------|--------|----------|
| A3 | | |
| Sheet 17 of 1992 | | |
| DRAWN BY: PRAEIT/7 | | |
| 7 | | |
| B | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แม้ว่ากรณีใดๆทั้งนั้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรวางคมุมจอภาพ

การที่เราจะให้จุดใดจุดหนึ่งสว่างหรือมืดบนจอภาพนั้น เราจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เขียนค่าลงในหน่วยความจำวิดีโอแรม (ค่าที่เขียนลงในวิดีโอแรมก็คือ รหัสของคาแรคเตอร์เจนๆที่กล่าวไว้แล้วตอนต้น) ในไบต์ที่ต้องการอันสัมพันธ์กับจอภาพ (ดูรูปที่ 4.9)



รูปที่ 4.9 แสดงตำแหน่งในวิดีโอแรมกับตำแหน่งบนจอภาพ

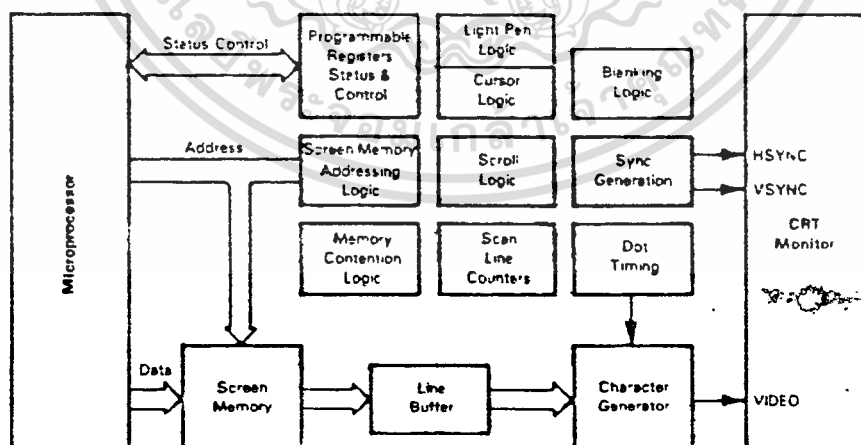
การติดต่อของ CPU กับวิดีโอแรมจะกระทำเมื่อต้องการติดต่อด้วยเท่านั้น และกระทำแบบสลับคือจะติดต่อกับไบต์ใดของวิดีโอแรมก็ได้จากรูปที่ 4.8A เมื่อ CPU ต้องการเขียนข้อมูลในวิดีโอแรมจะเกิดสัญญาณ WR และ MCS ทำให้ SELECTOR เลือกมาทาง A และตัด B ทั้งทำให้ CPU สามารถติดต่อกับวิดีโอแรมได้โดยตรงเมื่อ CPU เขียนวิดีโอแรมเสร็จสัญญาณ WR และ MCS จะขึ้นเป็น HIGH ทำให้ SELECTOR เลือกมาทาง B ซึ่งเป็นแอดเดรสบััส ($MA_0_MA_{10}$) ของ CRTC 6845 โดยปกติแล้ว CRTC เป็นผู้ติดต่อกับวิดีโอแรมอยู่ตลอดเวลา และทำในแบบซีเควนเขียนคือ มันจะทำสแกนหาข้อมูลในวิดีโอแรมตั้งแต่ไบต์ที่ 0 จนถึงไบต์สุดท้ายแล้วขึ้นไปไบต์ที่ 0 ใหม่ (รอบหนึ่งกินเวลาประมาณ 20 ms) เมื่อมันสแกนและพบค่าในไบต์ใดไบต์หนึ่งของวิดีโอแรมค่าที่มันพบก็คือ รหัสของคาแรคเตอร์เจน ๆ วิดีโอแรมก็จะส่งค่านี้ไปให้วงจรวางคมุม LATCH วงจรวางคมุมจะนำค่านี้ไปเป็นแอดเดรส A_0 ถึง A_{10} ของคาแรคเตอร์เจน ๆ ส่วนขา A_0 ถึงขา A_2 นั้น CRTC จะเป็นผู้ให้ค่าแอดเดรสโดยตรง (ขา A_0 ถึงขา A_2 ต่อกับขา RA_0 - RA_2 ของ 6845 ขอให้ดูรายละเอียดขา RA_0 - RA_2 ของ 6845 ที่จะกล่าวไว้ตอนหลัง) คาแรคเตอร์เจน ๆ จะให้ค่า 1 ไบต์ แก่วงจรชิพที่รีจิสเตอร์ ซึ่งจะถูก DCLK ชิพที่ออกทีละบิตให้แก่วงจรภาค

ผสมสัญญาณส่งไปให้จอภาพอีกทอดหนึ่งเมื่อชีพท์ครบ 8 บิต จะได้ภาค 8 จุด ภาพบนจอภาพ ตามที่กล่าวมาว่าใน 1 บรรทัดอักษรประกอบด้วยเส้นสแกนไลน์ 8 เส้น ซึ่งข้อกำหนดเรียกเป็นไลน์ที่ 0 ถึง 7 การแสดงภาพในแต่ละบรรทัดอักษรสมมุติต้องการให้แสดงภาพอักขระ A ถึง Z จะเริ่มด้วยไลน์ที่ 0 คือส่วนหัวของอักขระคือไบต์ที่ 0 ของอักขระทุกตัวในคาแรคเตอร์เรน ๗ ไปจนจบสแกนไลน์ แล้วขึ้นไลน์ที่ 1 คือไบต์ที่ 1 ของอักขระทุกตัวไปจนถึงไลน์ที่ 7 คือส่วนฐานหรือคือไบต์ที่ 7 ของอักขระทุกตัว เป็นการแสดงภาพ 1 บรรทัดอักษร

การทำงานจะเป็นในแบบรหัสอักขระ จะเปลี่ยนจาก A ถึง Z ทุกคอลัมน์ คือทุก 1 CCLK แต่ไลน์ที่เช่นไลน์ที่ 0 จะไม่เปลี่ยนตลอดสแกนไลน์นั้น เมื่อขึ้นสแกนไลน์ใหม่ เช่นเป็นไลน์ที่ 1 รหัสอักขระจะเริ่มต้นเปลี่ยนจาก A ถึง Z ใหม่เป็นเช่นนี้จนครบ 8 สแกนไลน์คือ 1 บรรทัดอักษร

CRTC 6845

บนบอร์ดควบคุมการแสดงผลบนจอภาพทั้งแบบโมโนโครม หรือแบบ CGA รวมทั้งแบบเฮอริคิวลิสใช้ชิพควบคุมจอภาพของโมโตโรลาเบอร์ 6845 ชิพ 6845 เป็นที่รู้จักและใช้กันมานานตั้งแต่ครั้งไมโครคอมพิวเตอร์ 8 บิตแล้วชิพ 6845 เป็นไอซีขนาด 40 ขา ที่ควบคุมการทำงานของจอภาพที่ได้ออกมาทั้งแบบเท็กซ์ (ตัวอักษร) และแบบบิตกราฟิก โครงสร้างฟังก์ชันทางลอจิกของ 6845 เป็นดังรูปที่ 4.10



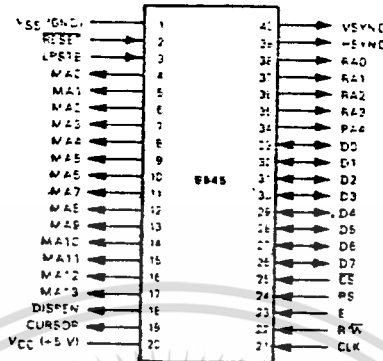
รูปที่ 4.10 โครงสร้างฟังก์ชันทางลอจิกของ 6845

เมื่อใช้ชิพ 6845 จะทำให้ลดจำนวนไอซีควบคุมทางลอจิก อย่างอื่นไปมากชิพ

6845 จึงได้รับความนิยมเพราะใช้งานได้ง่ายนอกจากนี้ ชิพ 6845 ยังเป็นชนิดที่โปรแกรมไม่วาร์ณิต่างๆอื่น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ากำหนดพารามิเตอร์การทำงานต่าง ๆ ผ่านไปทางรีจิสเตอร์ภายในได้ทำให้มีความคล่องตัวที่จะโปรแกรมโหมด การทำงานต่างตามที่ต้องการได้

ชิพ 6845 มีการจัดวางขา 40 ขา ไว้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การจัดขาและหน้าที่ของแต่ละขาของ 6845

ขาทั้ง 40 ขาที่ใช้งานแยกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ต่อเชื่อมโยงกับไมโครโปรเซสเซอร์ เชื่อมต่อกับหน่วยความจำแสดงผลและหน่วยความจำกำเนิดตัวอักษร (CG) ส่วนสุดท้ายเชื่อมต่อกับซีอาร์ทีมอนิเตอร์ รายชื่อขาต่าง ๆ เป็น ดังนี้

สัญญาณที่เกิดติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์

- D₀-D₇** เป็นส่วนเชื่อมต่อกับบัสข้อมูลเพราะส่วนนี้เป็นแบบบัสสองทิศทางเพื่อเชื่อมต่อกับบัสของซีพียู (ไมโครโปรเซสเซอร์) เพื่อให้ซีพียูส่งข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ภายในของ 6845 หรืออ่านข้อมูลไปตรวจสอบได้
- /CS** เป็นขาที่ใช้สำหรับเลือกชิพในการเลือกติดต่อกับ 6845 จะต้องส่งสัญญาณมาเลือกชิพผ่านทางขานี้
- /RS** เป็นสัญญาณเลือกกรีจิสเตอร์ภายใน ซึ่งมีอยู่ 19 รีจิสเตอร์
- /R/W** เป็นสัญญาณสำหรับบอก 6845 ในการทำงานในโหมดเขียนหรืออ่านรีจิสเตอร์ภายในรีจิสเตอร์
- /E** คือ synchronizing clock หรือสัญญาณอื่นา บั้ลสัญญาณนี้ใช้สำหรับอื่นาบั้ลบัฟเฟอร์ภายในของ 6845 และสัญญาณนาฬิกาให้ติดต่อเข้า และออกจากรีจิสเตอร์ภายในผ่านบัสข้อมูล
- /CLK** สัญญาณนาฬิกาก็ใช้กับ 6845 ปกติคือสัญญาณภายนอกที่ใช้ควบคุมจุดภาพเพื่อการซิงโครไนซ์กับการทำงานภายใน
- /RESET** สัญญาณรีเซต 6845 เพื่อกำหนดการทำงานใหม่หรือกำหนดค่าเริ่มต้น V_{CC}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่นับผูกพันหาไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสัญญาณของ 6845

| | | คำอธิบาย | ชนิด |
|---|---|---|--|
| ขาที่ต่อกับ ไมโครโปร เซสเซอร์ | DO-D7 CS RS R/W E CLK/RESET V_{CC} V_{SS} | บัสข้อมูล เลือกชิพ เลือกกรีจิสเตอร์ เลือกการเขียนและการอ่าน สัญญาณชิงโครไนซ์อินาเบิล สัญญาณนาฬิกา/รีเซต แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง | บิตส่งทิศทาง อินพุต อินพุต อินพุต อินพุต อินพุต อินพุต |
| ขาที่ต่อกับ หน่วยความจำ แสดงผลและ CG | MA_0 - MA_{15} RA_0 - RA_4 | แอดเดรสของหน่วยความจำ แสดงผล สัญญาณกำหนดแอดเดรส รอสเตอร์ | เข้าทุก เข้าทุก |
| สัญญาณที่ต่อ กับจอมอนิเตอร์ | HSYNC VSYNC DISPEN CURSOR LPSTB | สัญญาณชิงโครไนซ์ทาง แนวนอน สัญญาณชิงโครไนซ์ทาง แนวตั้ง อินาเบิลการแสดงผล อินาเบิลเคอร์เซอร์ สโตรบปากกาแสง | เข้าทุก เข้าทุก เข้าทุก เข้าทุก อินพุต |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่เชื่อมต่อกับหน่วยความจำแสดงผล

สัญญาณที่เชื่อมต่อกับหน่วยความจำแสดงผลที่ออกจาก 6845 มีสองชุดคือสัญญาณ MA_0-MA_{13} และ RA_0-RA_4 สัญญาณทั้งสองชุดนี้เป็นเอาต์พุตออกจาก 6845 MA_0-MA_{13} เป็นสัญญาณกำเนิดแอดเดรสของ 6845 ที่จะบอกว่าขณะนี้ การแสดงผลที่ใช้ข้อมูลในหน่วยความจำแสดงผลแอดเดรสใดค่า ของแอดเดรสจะเปลี่ยนแปลงไปตามจังหวะของการแสดงผลเนื่องจาก 6845 มีแอดเดรส $0-MA_{13}$ จึงใช้ควบคุมหน่วยความจำแสดงผลได้ 16 KB

ส่วน RA_0-RA_4 เป็นสัญญาณที่ใช้บอกว่าขณะแสดงผลนั้นอยู่ในแถวที่เท่าใดของตัวอักษร ดังนั้นสัญญาณ RA_0-RA_4 นี้ จึงใช้สำหรับการส่งไปควบคุม CG เพื่อเรียกข้อมูลจาก CG ส่งต่อไปยังซีอาร์ทีมอนิเตอร์สัญญาณนี้มี 5 เส้นดังนั้นจึงกำหนดรายละเอียดของตัวอักษรที่แสดงได้ทั้งสิ้น $2^5 = 32$ เส้น

สัญญาณเชื่อมต่อกับซีอาร์ทีมอนิเตอร์

6845 ให้สัญญาณเชื่อมต่อกับมอนิเตอร์ได้โดยตรง สัญญาณที่ใช้ควบคุมมอนิเตอร์ ได้แก่ HSYNC และ VSYNC คือสัญญาณซิงค์จอภาพในแนวราบ และสัญญาณซิงค์ภาพในแนวตั้ง สัญญาณนี้จะได้รับการโปรแกรมผ่านค่าในรีจิสเตอร์ของ 6845

DISPEN เป็นสัญญาณใช้สำหรับ Display Enable กล่าวคือ สัญญาณนี้เป็น "1" เพื่อให้การแสดงผลบนจอเป็นไปตามปกติ แต่ถ้าเป็น "0" การแสดงผลบนจอภาพจะถูกคิสเอเบิล คือไม่มีภาพใดปรากฏบนจอภาพ

CURSOR เป็นสัญญาณที่จะบอกถึงว่า ตำแหน่งที่ซิงโครไนซ์กับแอดเดรสของ MA_0-MA_{13} เพื่อให้กำหนดตำแหน่งเคอร์เซอร์บนจอภาพ

LPSTB เป็นสัญญาณที่มีชื่อว่า Pen Strobe เป็นสัญญาณอินพุตที่ใช้สำหรับบอกตำแหน่งของปากกาแสงที่จ่ออยู่บนจอภาพกล่าวคือ เมื่อปากกาแสงจ่ออยู่บนจอภาพ และมีแสงตำแหน่งของปากกาแสง เข้ามาในจังหวะที่ต้องการสแกนหา จะทำให้อินพุตขานี้มา สโตรบแอดเดรสที่ซิงเราไนซ์ไว้ เพื่อให้โปรแกรมอ่านไปตรวจสอบได้

รีจิสเตอร์ใน 6845

ภายใน 6845 มีรีจิสเตอร์อยู่ 19 ตัว ซึ่งสามารถโปรแกรมผ่านทางบัสข้อมูล เข้าไปได้ อย่างไรก็ตามการโปรแกรมค่าในรีจิสเตอร์นั้น จะต้องใช้สองจังหวะคิดการกำหนดตำแหน่งรีจิสเตอร์ภายในก่อนจากนั้นจึงค่อยเขียนหรืออ่านค่าในรีจิสเตอร์ การเลือกรีจิสเตอร์ หรือมีการติดต่อ รีจิสเตอร์ในขณะเลือก แอดเดรสของรีจิสเตอร์จะใช้ RS Register select) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ n หนึ่งของ 6845

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับคนรั้ใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยประการใด

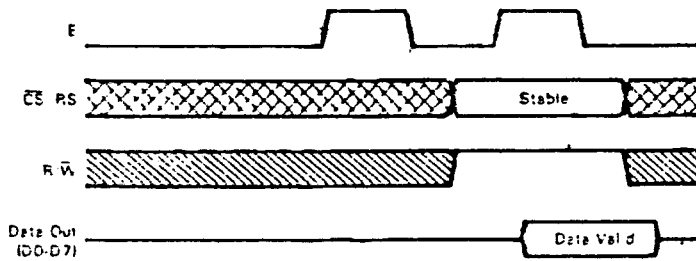
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ชื่อ  อ่างอิงถึงเจ้า  การทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data In
(D0-D7)

Data must be
Stable

รูปที่ 4.13 ไตอะแกรมเงลาแสดงผลการเขียนข้อมูลลงในแอดเดรสรีจิสเตอร์



รูปที่ 4.14 ไตอะแกรมเวลาแสดงการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ข้อมูล

ค่าของรีจิสเตอร์ที่ได้รับการกำหนด โดยโปรแกรมจะเป็นตัวกำหนดการทำงานของระบบ ซึ่งพารามิเตอร์ของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ นี้ จะเกี่ยวข้องกับการทำงานของซีอาร์ที เช่น การกำหนดฟอร์มแมตการแสดงผลในแนวราบ การกำหนดการแสดงผลในแนวตั้ง เป็นต้น ในการทำงานของ 6845 ผู้ใช้ต้องกำหนดค่าต่าง ๆ เหล่านี้ให้กับ 6845 ก่อน ดังตารางที่ 4.2



ตารางที่ 4.2 ความหมายของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ 6845

| | รีจิสเตอร์ | | เขียน (W) อ่าน (R) | | หน่วย |
|--|------------|----------------------------------|--------------------|---|------------|
| | หมายเลข | ชื่อ/ฟังก์ชัน | จำนวนบิต | | |
| การกำหนด ช่วงเวลา แนวราบ | 0 | ช่วงเวลาแนวราบทั้งหมด | W | 8 | 1-256 Clks |
| | 1 | จำนวนตัวอักษร/แถว | W | 8 | 1-256 Clks |
| | 2 | ตำแหน่ง HSYNC | W | 8 | 1-256 Clks |
| | 3 | ความกว้าง HSYNC | W | 4 | 1-16 Clks |
| การกำหนด ช่วงเวลา แนวตั้ง | 4 | ช่วงเวลาทั้งหมดแนวตั้ง | W | 7 | 1-128 แถว |
| | 5 | ปรับ VSYNC | W | 5 | 1-32 สแกน |
| | 6 | จำนวนแถวต่อเฟรม | W | 7 | 1-128 แถว |
| | 7 | ตำแหน่ง VSYNC | W | 7 | 1-128 แถว |
| | 8 | โหมด interlace | W | 2 | 0-3 |
| | 9 | จำนวนสแกนต่อแถว | W | 5 | 1-32 สแกน |
| รีจิสเตอร์ กำหนด การทำงาน พื้นฐาน | 10 | ตำแหน่งแถวเริ่มต้น เคอร์เซอร์ | W | 7 | 1-32 สแกน |
| | 11 | ตำแหน่งสุดท้ายเคอร์ เซอร์ | W | 5 | 1-32 สแกน |
| | 12 | (MSB) แอดเดรสเริ่มต้น | W | 6 | 1-16384 |
| | 13 | (LSB) | W | 8 | 1-16384 |
| | 14 | (MSB) ตำแหน่งเคอร์เซอร์ | R/W | 6 | 0-16384 |
| | 15 | (LSB) | R/W | 8 | 0-16384 |
| | 16 | (MSB) ตำแหน่ง ปากกาแสง | R | 6 | 0-16348 |
| | 17 | (LSB) | R | 8 | 0-16384 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในของศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 นี้เท่านั้น 6845 จะทำงานเสมือนการ DMA แบบอัตโนมัติกล่าวคือ ส่งค่าแอดเดรสไปยัง
 หน่วยความจำแสดงผล เพื่อนำค่าในหน่วยความจำแสดงผลมาแสดงบนจอภาพตามที่ต้องการ

การเชื่อมต่อ 6845 กับหน่วยความจำแสดงผล

ในการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำแสดงผล 6845 ใช้สัญญาณเพียง 2 กลุ่มคือ MA_0-MA_{15} เพื่อกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำแสดงผล ซึ่งมีทั้งหมด 14 เส้นและ RA_0-RA_4 สัญญาณการกำหนดการสแกนของวีจีสเตอร์ ซึ่งจะเกี่ยวกับการกำหนดแถวของตัวอักษรซึ่งจะเชื่อมต่อกับ CG CG ที่ใช้ในโหมดตัวอักษรมักใช้ ROM สัญญาณส่วนนี้จึงกำหนดแอดเดรสให้กับ ROM นั้นเอง

โครงสร้างการเชื่อมต่อ 6845 กับหน่วยความจำแสดงผล เป็นโครงสร้างที่ชัดเจนกล่าวคือ 6845 จะส่งแอดเดรสไปควบคุมหน่วยความจำ เพื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำมาแสดงผล ข้อมูลนี้จะส่งต่อไปยัง CG เพื่อกำหนดว่าจะให้แสดงด้วยจุดลักษณะอย่างไร

โดยปกติหน่วยความจำแสดงผลเป็นหน่วยความจำร่วมที่ทั้ง 6845 และไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการใช้งานหรือการอ่านเขียนข้อมูลได้ ดังนั้นแอดเดรสบัสของไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องร่วมอยู่ด้วยดังนั้นหน่วยความจำแสดงผลจึงเป็นหน่วยความจำประเภท 2 พอร์ต (Two Port Memory) หรือสามารถอ้างอิงได้ทั้งจากไมโครโปรเซสเซอร์และ 6845

จุดร่วมของแอดเดรสบัสและบัสข้อมูลจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดทิศทางที่ชัดเจนว่ามาจากไหน ปกติจะใช้อุปกรณ์ ตัวเลือกข้อมูลเป็นตัวเลือกว่าจะเลือกจากพอร์ตใด

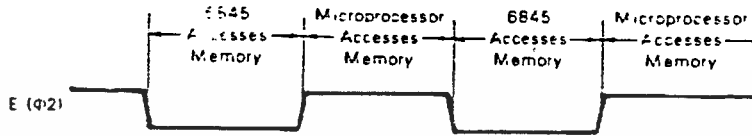
หากการต่อเชื่อม 6845 กับ 6500 แล้วเราสามารถกำหนดจังหวะการติดต่อระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับหน่วยความจำหรือ 6845 กับหน่วยความจำในลักษณะสลับกันหรือที่เรียกว่า Interleaved Access ทั้งนี้เพื่อให้ขณะที่ไมโครโปรเซสเซอร์ติดต่อกับหน่วยความจำการแสดงผลจะได้ไม่หยุดชะงัก โครงสร้างการแบ่งสัญญาณนาฬิกาเป็นดังรูปที่ 4.16

ในการติดต่อกับหน่วยความจำแสดงผลของ 6845 ซึ่งใช้แอดเดรสที่กำหนดโดยอัตรานาฬิกา MA_0-MA_{15} เป็นตัวกำหนดตำแหน่งในหน่วยความจำ ค่าที่กำหนดนี้เมื่อครบหนึ่งรอบตามค่าที่โปรแกรมไว้ ก็จะเริ่มต้นค่าใหม่นวนรอบเช่นนี้เรื่อยไป การกำหนดการวนรอบนี้จะทำให้เกิดสัญญาณ HSYNC และ VSYNC ตรงตามที่ต้องการ

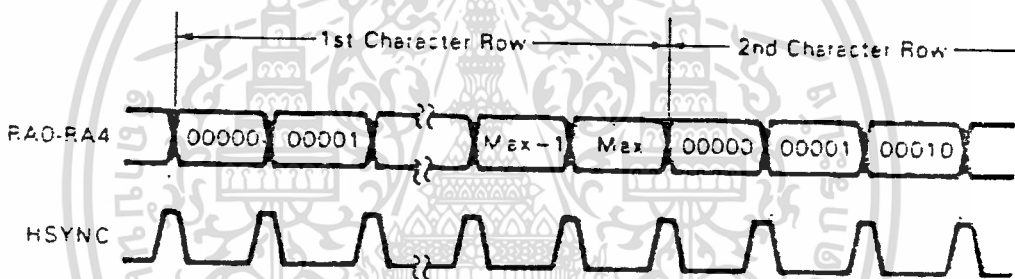
สัญญาณ HSYNC จะเกิดขึ้นทุกครั้งที่เกิดการสแกนครบหนึ่งเส้น การสแกนทางแนวนอนนี้จะสัมพันธ์กับ RA_0-RA_4 โดยค่าของการสแกน RA_0-RA_4 ก็ได้รับการกำหนดโดยค่าที่โปรแกรมในวีจีสเตอร์ภายในเช่นกัน

ความสัมพันธ์ของ $RA_0 - RA_4$ จะสัมพันธ์กับ HSYNC ดังรูปที่ 4.17

ในการแสดงผลของจอไอพีเอ็มพีซีแบบ CGA ให้ค่า Max = 8 หรือค่า $RA_0 - RA_4$ เริ่มสแกนจาก 0000-0111 โดยค่า $RA_0 - RA_4$ จะเปลี่ยนค่าทุกครั้งที่สัญญาณ HSYNC เกิดขึ้น ซึ่งก็ตรงกับลักษณะการแสดงผลบนจอภาพพอดี



รูปที่ 4.16 แสดงการสลับการติดต่อหน่วยความจำของไมโครโปรเซสเซอร์กับ 6845



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของ HSYNC กับ $RA_0 - RA_4$

อินเตอร์เฟซกับนอนอินเตอร์เฟซ

รีจิสเตอร์ R8 ของ 6845 ได้รับการกำหนดไว้สำหรับการโปรแกรมอินเตอร์เฟซเลขหรือนอนอินเตอร์เฟซรีจิสเตอร์ R8 ที่ใช้นี้จะใช้เพียง 2 บิตสุดท้ายเท่านั้น ดังนั้นค่าที่โปรแกรมได้จึงมี 4 ค่า ซึ่งมีความหมายดังรูปที่ 4.18

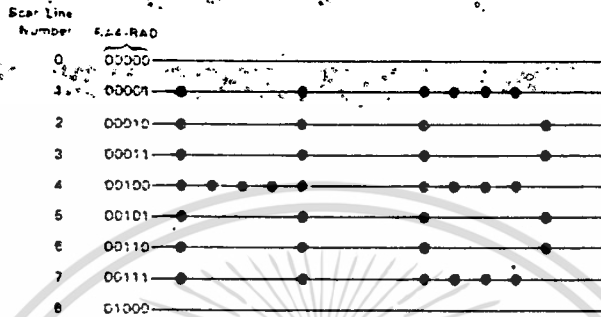
โหมดของการทำงานแต่ละโหมดจะสัมพันธ์ระหว่าง $RA_0 - RA_4$ กับการซิงค์ที่เกิดขึ้นทางแนวตั้ง

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 00 โหมดปกติ |
| | | | | | | | | 10 โหมดปกติ |
| X | X | X | X | X | X | - | - | 01 อินเตอร์เฟซซิงค์ |
| | | | | | | | | 11 อินเตอร์เฟซซิงค์ |
| | | | | | | | | และวิดีโอ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้ไปหมดแล้วให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.18 แสดงการใช้รีจิสเตอร์ R8
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอนอินเตอร์เลขโทมด โทมดนี้เป็นโทมดปกติที่การ์ดควบคุมจอภาพใช้งานอยู่ การแสดงผลจะแสดงแบบเรียงเส้นจากบนลงล่างไปเรื่อย ๆ เช่นจอโมโนโครมแต่ละบรรทัด มี 14 เส้น ก็จะแสดงทีละเส้นลงไปจนครบ 350 เส้น

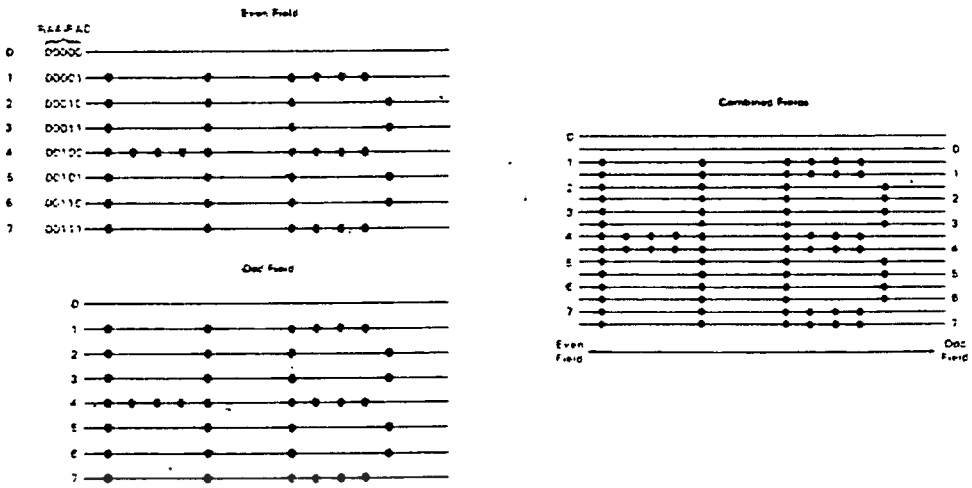
ลักษณะการแสดงผลสามารถเขียนเป็นรูปภาพได้ ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 การแสดงผลแบบนอนอินเตอร์เลข

ในโทมดนี้มีการสแกนทีละเส้น จากบนลงล่างจนครบเฟรมแล้วจึงกำเนิดสัญญาณ VSYNC เพื่อเริ่มการสแกนเฟรมใหม่ การสแกนนี้จะทำให้ HSYNC แต่ละ HSYNC เปลี่ยนค่า RA_0-RA_n จนถึงค่า MAX และกลับมาเริ่มต้น RA_0-RA_n ใหม่วนไปจนครบจำนวนเส้นในหนึ่งเฟรม

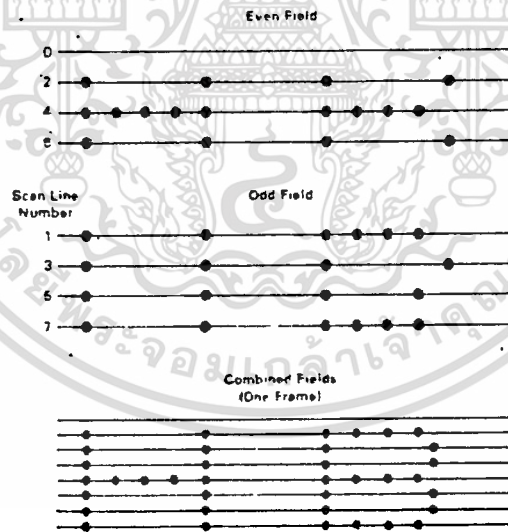
โทมดอินเตอร์เลขซิงค์ ในโทมดนี้การกวาดแสดงผลรอบแรกจะกวาดเฉพาะฟิลด์เส้นคู่ โดยเริ่มจากมุมบนซ้ายของจอภาพ เมื่อครบแล้วจะกวาดเส้นคู่โดยเริ่มจากบนลงล่างอีกเช่นกัน ลักษณะของการกวาดนี้จะใช้ข้อมูลชุดเดิม เมื่อรวมกันก็จะได้รูปร่างหน้าตาเหมือนเดิมแต่มีความละเอียดมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 การแสดงผลในโหมดอินเตอร์เลขซิงค์

โหมดอินเตอร์เลขซิงค์ที่ไม่เข้าเส้น ในโหมดนี้จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน

ออกไป กล่าวคือข้อมูลแต่ละเส้นของการกวาดเส้นคู่กับเส้นคี่จะไม่เหมือนกัน การแสดงผลแบบนั้นแสดงได้ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 การแสดงผลแบบอินเตอร์เลขซิงค์ที่ไม่เข้าเส้น

รีจิสเตอร์ภายใน

ใน 6845 มีรีจิสเตอร์ใช้งาน (parameter register) อยู่ 18 ตัว ดังแสดงในตารางที่ 3 มีชื่อเรียกว่า R₀ ถึง R₁₇ ในการใช้งาน 6845 เราจะต้องไปเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า แกรมมันก่อน โดยให้ค่าแก่รีจิสเตอร์เหล่านี้ การให้ค่ารีจิสเตอร์เหล่านี้เราต้องอ้างอิงถึงมันไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนกับแอดเดรสวีจีเอสเตอร์แล้วจึงจะติดต่อกับมันได้ นั่นคือในการที่จะติดต่อกับวีจีเอสเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งต้องใช้ข้อมูล 2 ไบท์วีจีเอสเตอร์เหล่านี้มีทั้งอ่านได้ เขียนได้ หรือทั้งอ่านและเขียนได้ดังแสดงในรูป

| | Register | | Read (R) Write (W) | Bits | Range - Units | |
|------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------|------|---|--------------------------------------|
| | No | Name/Function | | | | |
| Horizontal Format and Timing | 010C ₁₆ | Horizontal Total | W | 8 | 1 - 255 (0xFF) ₁₆ CLKs | |
| | 1101 ₁₆ | Character Row | W | 8 | 1 - 255 (0xFF) ₁₆ CLKs | |
| | 2102 ₁₆ | H SYNC Position | W | 8 | 1 - 255 (0xFF) ₁₆ CLKs | |
| | 3103 ₁₆ | H SYNC Width | W | 4 | 1 - 16 (0xF) ₁₆ CLKs | |
| Vertical Format and Timing | 4104 ₁₆ | Vertical Total | W | 7 | 1 - 128 (0x7F) ₁₆ Character Rows | |
| | 5105 ₁₆ | V SYNC Adjust | W | 5 | 1 - 32 (0x1F) ₁₆ Scan Lines | |
| | 6105 ₁₆ | Character Rows Frame | W | 7 | 1 - 128 (0x7F) ₁₆ Character Rows | |
| | 7107 ₁₆ | V SYNC Position | W | 7 | 1 - 128 (0x7F) ₁₆ Character Rows | |
| | 810E ₁₆ | Interlace Mode | W | 2 | 0-3 | |
| | 910F ₁₆ | Scan Lines/Row | W | 5 | 1 - 32 (0x1F) ₁₆ Scan Lines | |
| Primary Operating Registers | 1010A ₁₆ | Cursor Start Scan Line | W | 7 | 1 - 32 (0x1F) ₁₆ Scan Lines | |
| | 1110B ₁₆ | Cursor Stop Scan Line | W | 5 | 1 - 32 (0x1F) ₁₆ CLKs | |
| | 1210C ₁₆ | B'SB | Start Address (Top of Page) | W | 6 | 1 - 1E 3B4 (0000-4FFF) ₁₆ |
| | 1310D ₁₆ | L'SB | | W | 8 | |
| | 1410E ₁₆ | B'SB | Cursor Position | R/W | 8 | 0 - 1E 3B4 (0000-4FFF) ₁₆ |
| | 1510F ₁₆ | L'SB | | R/W | 8 | |
| | 1E110 ₁₆ | R'SB | Light Pen Position | R | 6 | 0 - 1E 3E4 (0000-4FFF) ₁₆ |
| 17111 ₁₆ | L'SB | R | | 6 | | |

Two bits used to specify cursor blink characteristics

ตารางที่ 4.3 แสดงวีจีเอสเตอร์ภายในของ 6845 ขอให้สังเกตในช่อง Read/Write ว่าวีจีเอสเตอร์ตัวใดอ่านได้ตัวใดเขียนได้ ช่อง BITS แสดงขนาดของวีจีเอสเตอร์แต่ละตัวว่าเป็นกี่บิต ซึ่งจะเป็นการกำหนดว่าจะให้ค่าสูงสุดได้เท่าไรในช่องถัดไป

- R₀ คือ Horizontal Total คือจำนวน (CCLK) ต่อ 1 สแกนไลน์
- R₁ คือ Character/row คือจำนวนคอลัมน์ (CCLK) ต่อ 1 สแกนไลน์ที่แสดงภาพ
- R₂ คือ HSYNC Position เป็นตัวกำหนดว่าเราจะให้เริ่มต้นซิงค์ที่ CCLK ลูกที่เท่าไร ซึ่งต้องคิดถึงคาบเวลาที่เราจะให้สัญญาณซิงค์นานเท่าไร (5 ไมโครวินาที)
- R₃ คือ HSYNC Width คือความกว้างของสัญญาณซิงค์คิดเป็น CCLK
- R₄ คือ Vertical Total คือ จำนวนสแกนไลน์ทั้งหมดแต่คิดเป็นจำนวน

บรรทัดอักษร (Row)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

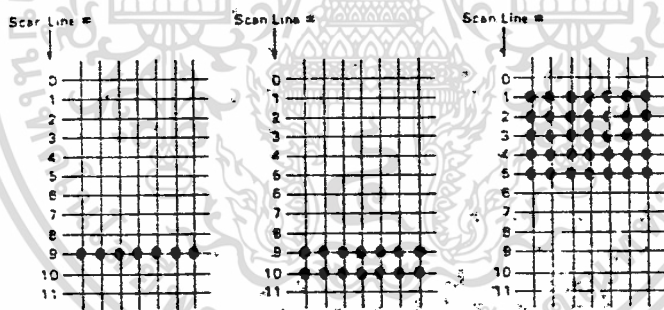
ไม่ว่าการณี - R₅ คือ VSYNC adjust ซึ่งบ่งว่าเป็นการปรับแต่งคาบเวลาในการซิงค์

และการกระทำก็เป็นดังนี้ แต่ค่าที่ให้คือเศษเป็นสแกนไลน์ที่เหลือจากการให้ค่า R_4 ในกรณีนี้คือ 1 จึงสรุปแต่จะพิจารณาว่าเป็นค่าอะไรกันแน่

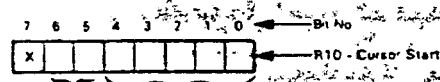
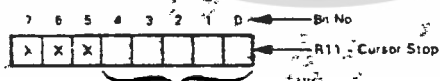
- R_0 คือ Character Rows/Frame หมายถึงจำนวนบรรทัดอักขระที่แสดงภาพ
- R_7 คือ VSYNC Position กำหนดว่าเรา ให้เริ่มต้นซิงค์ที่บรรทัดอักขระที่เท่าใด
- R_8 คือ Interlace Mode สามารถตั้งให้ทำงานได้ 3 แบบคือ
 - $\$00$ คือ $\#02$ เป็น Normal Mode (Non-Interlace)
 - $\$01$ เป็น Interlace Sync.
 - $\$11$ เป็น Interlace Sync And Video โดยทั่วไปให้ทำงานในแบบ Normal Mode ที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นการใช้งานในโหมดนี้ อีก 2 โหมดเขียนโปรแกรมยากเกินความจำเป็นของดกล่าว หากท่านผู้ใดสนใจขอให้ดูในคู่มือหรือหนังสือเกี่ยวกับเรื่องนี้
- R_9 คือ Scan Lines/Row ให้บ่งจำนวนสแกนไลน์ต่อ 1 บรรทัดอักขระ คือ 8 แต่ต้องให้ค่าเป็น 7 ($\$07$)
- R_{10} กับ R_{11} คือ Cursor Start กับ Cursor Stop เราสามารถกำหนดว่าให้เคอร์เซอร์เป็นขีดเพียงขีดเดียวหรือขีดหน้าคือหลายขีดเป็นขีดล่าง ขีดกลาง หรือขีดบน หรือจะให้ป็นรูปสี่เหลี่ยมเต็มทั้งแมทริกซ์ จะให้กระพริบหรือไม่กระพริบหรือไม่แสดงเคอร์เซอร์เลยถ้ากระพริบช้าหรือเร็ว โดยกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ 2 ตัวนี้ หากต้องการให้เคอร์เซอร์เป็นรูปสี่เหลี่ยมกระพริบช้า จะต้องให้ค่า R_{11} เท่ากับ $\$60$ และ R_{10} เท่ากับ $\$07$ ขอให้ดูรูปที่ 23 ประกอบ
- R_{12} และ R_{13} คือ Start Address เป็นแอดเดรสเริ่มต้นของวิดีโอแรมที่จะให้ปรากฏภาพอักขระ แรกที่มูบขนย้ายตามที่ใช้หน่วยความจำ RAM ขนาด 2 กิโลไบต์ CRT จะมองเห็นหน่วยความจำนี้ตั้งแต่แอดเดรส $\$000$ ถึง $\$07FF$ ผมจึงควรให้เริ่มต้น (Initialize) ของแอดเดรสเริ่มต้นเป็น $\$0000$ นั่นคือ ให้ค่า R_{12} และ R_{13} เป็น $\$00$ โดยที่ R_{14} เป็น

แอดเดรสไบท์สูงและ R_{13} เป็นแอดเดรสไบท์ต่ำ เช่นต้องการเลื่อนจอภาพขึ้น 1 บรรทัดแอดเดรสเริ่มต้นจะเป็น 80 คือ ต้องการให้ R_{12} มีค่า \$00 และ R_{12} มีค่า \$50 และนี่คือวิธีเลื่อนจอภาพ(Scroll)

- R_{14} และ R_{15} คือ เป็นตำแหน่งของเคอร์เซอร์ โดยมี R_{14} เป็นแอดเดรสไบท์สูงและ R_{15} เป็นแอดเดรสไบท์ต่ำอ้างอิงถึงวิดีโอแรมเช่นกัน เมื่อเริ่มต้นเช่นเมื่อเคลียร์จอภาพควรให้เคอร์เซอร์อยู่มุมซ้ายบนค่าที่ให้แก่ R_{14} และ R_{15} คือ \$00 หมายถึงแอดเดรส \$0000 ขอให้สังเกตว่าเราสามารถอ่านและเขียนกับวีจิสเตอร์ 2 ตัวนี้ได้
- R_{16} และ R_{17} คือ Light Pen Position บอกตำแหน่งของปากกาแสง โดยอ้างอิงถึงวิดีโอแรมเช่นกัน ทำได้ด้วยการอ่าน



| | | |
|--------------|---------------|--------------|
| $R_{10} = 9$ | $R_{10} = 9$ | $R_{10} = 1$ |
| $R_{11} = 9$ | $R_{11} = 10$ | $R_{11} = 1$ |



00 - No Blinking
 01 - No Cursor
 10 - Blink 1/16 field rate
 11 - Blink 1/32 field rate

รูปที่ 4.22 แสดงการกำหนดค่าให้แก่ R_{10} และ R_{11} เพื่อกำหนดแบบของเคอร์เซอร์

ให้ค่าเริ่มต้น

รีจิสเตอร์ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้มีรีจิสเตอร์ R_{12} ถึง R_{15} เท่านั้น โดยเฉพาะ R_{14} และ R_{15} ที่ต้องเปลี่ยนแปลงค่าตลอดเวลา แต่เมื่อโปรแกรมใช้งาน 6845 ควรให้ค่าแก่รีจิสเตอร์ทุกตัว การเขียนโปรแกรมควรกำหนดหน่วยความจำหน่วยหนึ่ง เช่น ให้ชื่อว่า REGTAB จะอยู่ที่แอดเดรสใดก็ได้ เก็บค่าที่เราจะโปรแกรมให้แก่ R_0 ถึง R_{15} เช่น

REGTAB 83 50 : R_0 R_1

65 0A : R_2 R_3

27 00 : R_4 R_5

18 1E : R_6 R_7

00 07 : R_8 R_9

00 00 : R_{10} R_{11}

00 00 : R_{12} R_{13}

00 00 : R_{14} R_{15}

เมื่อให้ค่าแก่รีจิสเตอร์แล้วจึงเขียนโปรแกรมตั้งโปรแกรมที่ 1 ซึ่งเขียนเป็นโปรแกรมภาษาเครื่องของ Z-80 เมื่อให้ค่ารีจิสเตอร์แล้ว 6845 จะเริ่มทำงานทันที

โปรแกรมที่ 1 โปรแกรมเพื่อให้ค่ารีจิสเตอร์ R_0 ถึง R_{15} 6845 ค่าที่จะให้เก็บอยู่ในหน่วยความจำตั้งแต่แอดเดรส REGTAB + 00H ถึง + 0FH ใช้รีจิสเตอร์ C ของ Z-80 แทนหมายเลขรีจิสเตอร์ R_0 ถึง R_{15} คำสั่ง OUT (20H), A เป็นการให้หมายเลขรีจิสเตอร์ที่จะติดต่อด้วยกับ Address Register ส่วนคำสั่ง OUT (21H), A เป็นการให้ค่าตามตารางแก่รีจิสเตอร์นั้น ๆ

START LD HL, REGTAB

LD C, 00H

LD B, 10H

CR1 LD A, C

OUT (20H), A

LD A, (HL)

OUT (21H), A

INC C

INC HL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
DJNZ CR1
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและวิจารณ์

จากการพัฒนาและทดสอบในเครื่องต้นแบบ โดยการทดลองเขียนโปรแกรมให้เกิด MENU ปรากฏบนจอภาพ และทำการสแกนค่าตำแหน่งในการกด Key บนหน้าจอ เพื่อไปทำการควบคุม อุปกรณ์ทางด้าน O/P Port ผลปรากฏว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามต้องการ แต่ก็มีข้อจำกัดบางประการที่จะต้องพิจารณา เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาในภายหลัง

แนวทางพัฒนาทางด้านซอฟต์แวร์

1) รูปแบบ SW และ Menu ต่าง ๆ ที่ปรากฏบนจอภาพ ปัจจุบันใช้วิธีการเขียน Program ภาษา Assembly ของ Z-80 โดยใช้ CLOSS-32 เป็นตัว Assembler แล้วจึง Load ข้อมูลสู่ EPROM ซึ่งการปฏิบัติเช่นนี้ทำให้ไม่สะดวกนัก เวลาต้องการเปลี่ยนรูปแบบของ SW หรือ MENU บนจอภาพ แนวทางแก้ไขข้อจำกัดในเรื่องนี้คือ เขียนโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีรูปแบบของ SW และ Menu ต่าง ๆ เมื่อเวลาต้องการใช้รูป SW หรือ Menu แบบไหนก็ Load ข้อมูลลงสู่ EPROM ได้เลย

แนวทางพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์

1) กรอบในส่วนของการใช้สแกนที่ติดอยู่หน้าจอ การออกแบบควรให้ฝังลึกลงไปติดกับจอให้มากที่สุด เพื่อให้เกิดความรู้สึกว่าการตอบสนองของ SW อยู่บนหน้าจอจริงๆ และเพื่อเป็นการป้องกันแสงรบกวนไปในตัวด้วย

2) ขนาดของวงจรควรยุบให้เล็กลง โดยการรวมภาคต่าง ๆ ลงบน Board เดียวกัน เพราะการทดลองในเครื่องต้นแบบนี้ ได้แยกส่วนการทดลองเป็นภาค ๆ เมื่อนำมาประกอบกันเข้าจึงมีขนาดใหญ่พอสมควร

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงลงได้ ด้วยความร่วมมือและความตั้งใจในการทำ
งานของเพื่อนร่วมงานในกลุ่ม Touch Screen Project ทุกคน รวมทั้งความช่วยเหลือ
เหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์ อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล ที่คอยให้คำแนะนำและชี้
แนวทางที่เป็นประโยชน์ ในการทำปริญญาานิพนธ์อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งกำลังใจจากเพื่อน ๆ
พี่ ๆ ที่คอยให้กับคณะผู้จัดทำเสมอมา คณะผู้จัดทำจึงขอกล่าวขอบคุณไว้ ณ. โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- James W.Coffin "Z80 Application" United State,Zilog Corporation,1983
- Microprocessor MPF-1 User's And Exiperiment Manual Taipei,Multitech Industrial Corporation,1981
- Lance A.Leventhai "Z-80 Assembly Language Programing,Osborne/McGrow Hill Berkeley California
- W.H.SAHM," Opto Electronics " General Electric Company USA
- MOTOROLA "Opto Electronics Device Data" Motorola INC,Second Printing,1983
- Don Lancaster " TTL Cook Book " Howard W.Sams & Co,Inc 1977
- Gerkley Kane "CRT Controller Handbook"Osbornd McGraw-Hill Berkely,California,1978
- "Cross-32 Meta-Assembler User's Manual"Universal Cross Assemblers
- อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล "เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์" สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPU"Z80.TBL"

HOF"INT8"

ORG 0000H

P_CN2: EQU 013H

P_CN3: EQU 003H

P_IN: EQU 012H

P_OUT: EQU 012H

P_SOUND: EQU 011H

ANALOG: EQU 011H

DATA: EQU 000H

SCANP: EQU 001H

LD B,64H

POW_UP: NOP ;DELAY POWER ON

DJNZ POW_UP

LD SP,USR ;SET USER STACK

INIT8255: LD A,81H

OUT (P_CN2),A

LD A,89H

OUT (P_CN3),A

INIT6845: LD HL,DAT6845 ;SET 6845

LD C,00H

LD B,10H

;-----

; FILL DATA IN REGISTER OF IC 6845

;-----

LOOP: LD A,C

เอกสารนี้เป็นเอกสาร OUT (20H),A ใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น LD A,(HL) ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUT (21H),A

INC C

INC HL

DJNZ LOOP

;-----

;////////////////////////////////////

;\\\\\\\\\\\\\\\\MENU AREA\\\\\\\\\\\\\\\\

;////////////////////////////////////

;-----

;////////////////////////////////////

;\\\\\\\\TOUCH SCREEN PAGE\\\\\\\\

;////////////////////////////////////

PGTS:

CALL CLS

LD IX,DATPG1

CALL ARRECT

LD IX,DATPG1_1

CALL ARRAY1

LD HL,26D0H

LD IX,XTMENU

CALL PSH_CODE2

TOMENU:

CALL SCAN

LD A,(POST)

CP 51H ;GO TO MENU?

JP NZ,TOMENU

```
;////////////////////  
;\\\\\\\\\\\\\\MENU PAGE\\\\\\\\\\\\\\  
;////////////////////
```

PGMENU:

```
CALL BEEP  
CALL FULL_SCN  
LD IX,DATMENU1  
CALL ARRECT  
LD IX,DATMENU2  
CALL ARRAY1  
LD IX,PTXTMENU  
CALL ARRAYTXT
```

SLCTMENU:

```
CALL SCAN  
LD A,(POST)  
CP 24H ;SELECT SOUND?  
JP Z,PGSOUND  
CP 23H ;SELECT DOT?  
JP Z,PGDOT  
JR SLCTMENU
```

```
;////////////////////  
;\\\\\\\\\\\\SOUND PAGE\\\\\\\\\\\\  
;////////////////////
```

PGSOUND:

```
CALL BEEP  
CALL CLS  
LD IX,PGSOUND1  
CALL ARRAY3  
LD IX,PGSOUND2  
CALL ARRAY1  
LD IX,PSNDTXT  
CALL ARRAYTXT  
LD HL,26C4H  
LD IX,TXTMENU  
CALL PSH_CODE2
```

SLCTSND:

```
CALL SCAN  
LD A,(POST)  
CP 33H  
JP Z,SND1  
CP 43H  
JP Z,SND2  
CP 32H  
JP Z,SND3  
CP 42H  
JP Z,SND4  
CP 41H ;RETURN TO MENU  
JP Z,PGMENU  
JP SLCTSND
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;////////////////////
;\\\\\\\\\\\\\\\\DOT PAGE\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\
;////////////////////

PGDOT:

CALL BEEP
CALL CLS
LD HL,2001H
LD D,15H
LD B,18H
LD C,59H
CALL RECT
LD IX,PGDOT1
CALL ARRECT
LD IX,PGDOT2
CALL ARRAY3
LD IX,PGDOT3
CALL ARRAY1
LD IX,SWDOT
CALL ARRAY1
LD IX,PDOTTXT
CALL ARRAYTXT
LD HL,26DOH ;TXT MENU
LD IX,XTMENU
CALL PSH_CODE2

SLCTDOT:

CALL SCAN
LD A,(POST)
CP 34H ;PLAY DOT?
JP Z,DOT1

CP 51H ;BACK TO MENU?

JP Z,PGMENU

JP SLCTDOT

REP: JP REP

; SUBROUTINE "SCAN"

; (POST) IS TOUCH POSITION

SCAN:

PUSH AF

PUSH BC

PUSH DE

PUSH HL

COL: LD B,06H

LD A,00H

LD D,00H

COL1:

LD HL,0050H

CALL DELAY_TIME

PUSH AF

INC D

OUT (P_OUT),A

LD HL,0100H

CALL DELAY_TIME

XOR A

IN A,(P_IN)

BIT 0,A

JP Z,ROW

POP AF

ADD A,10H

DJNZ COL1
LD DE,0000H
JP GET

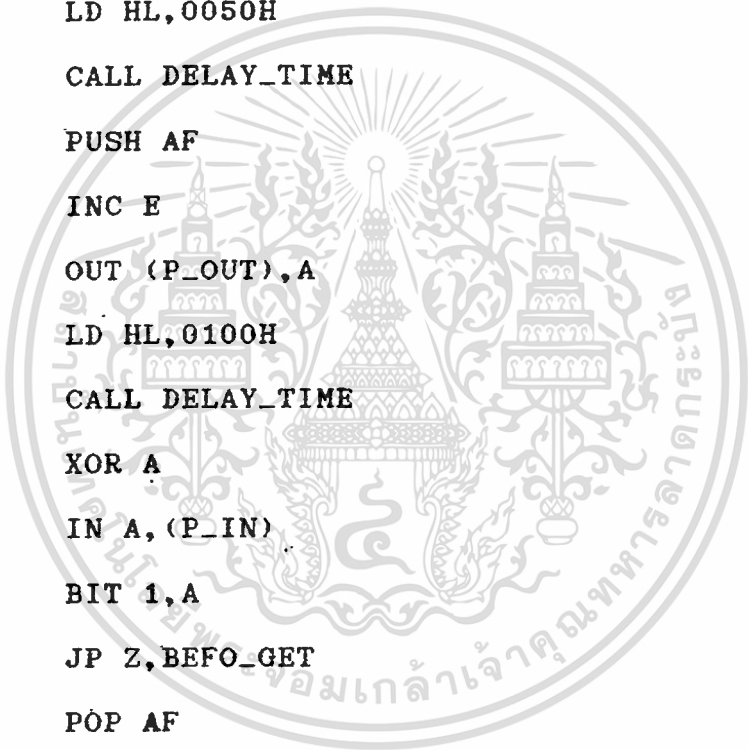
ROW: POP AF
LD E,00H
LD B,04H
LD A,60H

ROW1: LD HL,0050H
CALL DELAY_TIME
PUSH AF
INC E
OUT (P_OUT),A
LD HL,0100H
CALL DELAY_TIME
XOR A
IN A,(P_IN)
BIT 1,A
JP Z,BEFO_GET
POP AF
ADD A,10H
DJNZ ROW1
LD DE,0000H
JP GET

BEFO_GET: POP AF

GET: LD A,D
AND 00001111B

LD B,04
SHIF_L: SLA A



DJNZ SHIF_L
LD D,A
LD A,E
AND 00001111B

LD E,A
LD A,D
OR E
LD (POST),A

POP HL
POP DE
POP BC
POP AF
RET

; SUBROUTINE "DELAY_TIME"

; HL IS NUMBER OF DELAY TIME

DELAY_TIME:

PUSH AF
PUSH HL

DELAY: DEC HL
LD A,H
OR L
JR NZ,DELAY

POP HL
POP AF
RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
; SUBROUTINE "BEEP"
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BEEP:    PUSH AF
          PUSH BC
          LD B,25H
BEEP1:   LD C,0FH
BEEP2:   LD A,0FFH
          OUT (P_SOUND),A
          CALL BEEP_D
          LD A,00H
          OUT (P_SOUND),A
          DEC C
          JR NZ,BEEP2
          DJNZ BEEP1
          POP BC
          POP AF
          RET
```

```
;-----
;          SUBROUTINE "BEEP_D"
;-----
```

```
BEEP_D:  PUSH AF
          PUSH DE
          LD DE,3CH
BEEP_D1: DEC DE
          LD A,D
          ADD A,E
          JP NZ,BEEP_D1
          POP DE
          POP AF
```

```
RET
```

;SUBROUTINE "CLS" FOR CLEAR DATA IN VIDEO RAM
;OR CLEAR SCREEN

CLS:

PUSH AF

PUSH DE

PUSH HL

LD HL,2000H ;START ADDRESS VRAM

LD DE,800H ;COUT VRAM

CLS1: LD (HL),00H ;FILL BLANK IN VRAM

INC HL

DEC DE

LD A,D

OR E

JP NZ,CLS1

POP HL

POP DE

POP AF

RET

; SUBROUTINE "FULL_SCN"

FULL_SCN:

PUSH AF

PUSH DE

PUSH HL

LD HL,2000H ;START ADDRESS VRAM

LD DE,800H ;COUT VRAM

```

FULL1: LD (HL),59H ;FILL SOLID IN VRAM
        INC HL
        DEC DE
        LD A,D
        OR E
        JP NZ,FULL1
        POP HL
        POP DE
        POP AF
        RET

```

```

;-----
;SUBROUTINE "PSH_CODE1" FOR FILL ASCII IN DEFINED VRAM
;HL=START ADDRESS
;B NUMBER OF BYTES
;C= ASCII TO DISPLAY BY EVERY ASCII CODES ARE SAME
;FORM: HL---->CCCCCCCCCCCCCCC
;
; |-----B-----|
;-----

```

```

PSH_CODE1:
        PUSH BC
        PUSH HL
PSH1: LD (HL),C
        INC HL
        DJNZ PSH1
        POP HL
        POP BC

```

RET

;SUBROUTINE "PSH_CODE2" FOR FILL ASCII CODE IN VIDEO RAM
;HL=START ADDRESS OF VIDEO RAM TO DISPLAY
;IX=ADDRESS LABEL OF ASCII CODES WHICH ENDED BY OFFH

PSH_CODE2:

PUSH AF

PUSH HL

PUSH IX

CHECK: LD A, (IX+0)

CP OFFH

JP Z, OUT

FILL: LD (HL), A

INC HL

INC IX

JP CHECK

OUT: POP IX

POP HL

POP AF

RET


```

;-----
;SUB ROUTINE "RECT" FOR CREATE RECTRANGULAR SHAPE
;IX=START ADDRESS OF VRAM
;D= NUMBER OF BYTE IN ROW DIRECTION
;B= NUMBER OF BYTE IN COL DIRECTION
;C= DATA
;FORM:
;          <-----D----->
;HL----->CCCCCCCCCCCCCCC :
;HL+50---->CCCCCCCCCCCCCCC :
;          CCCCCCCCCCCCCCCC :
;          CCCCCCCCCCCCCCCC B :
;          CCCCCCCCCCCCCCCC :
;          CCCCCCCCCCCCCCCC :
;          CCCCCCCCCCCCCCCC :
;-----
RECT:    PUSH AF
        PUSH BC
        PUSH DE
        PUSH HL
RECT1:   PUSH DE
        PUSH HL
RECT2:   LD (HL),C
        INC HL
        DEC D
        JP NZ,RECT2
        POP HL
        LD DE,0050H

```

DJNZ RECT1

POP HL

POP DE

POP BC

POP AF

RET

;SUBROUTINE "PSH_CODE3" FOR FILL ASCII CODE IN VRAM

;IN VERTICAL DIRECTION AND ALL ASCII ARE SAME

;HL=START ADD FORM: HL--->C :

;B= NUMBER OF BYTE C :

;C= ASCII CODE C B

; C :

PSH_CODE3:

PUSH BC

PUSH DE

PUSH HL

PC1: LD (HL),C

LD DE,0050H

ADD HL,DE

DJNZ PC1

POP HL

POP DE

POP BC

RET

; SUBROUTINE "ARRAY1"

;USE WITH SUBROUTINE PSH_CODE1 FOR FILL DATA ARRAY

ARRAY1:

PUSH AF

PUSH BC

PUSH DE

PUSH HL

PUSH IX

ARRAY1_1:

LD H, (IX+0)

LD L, (IX+1)

LD B, (IX+2)

LD C, (IX+3)

CALL PSH_CODE1

INC IX

INC IX

INC IX

INC IX

LD A, (IX+0)

CP OFFH

JP NZ, ARRAY1_1

CALL PSH_CODE1

POP IX

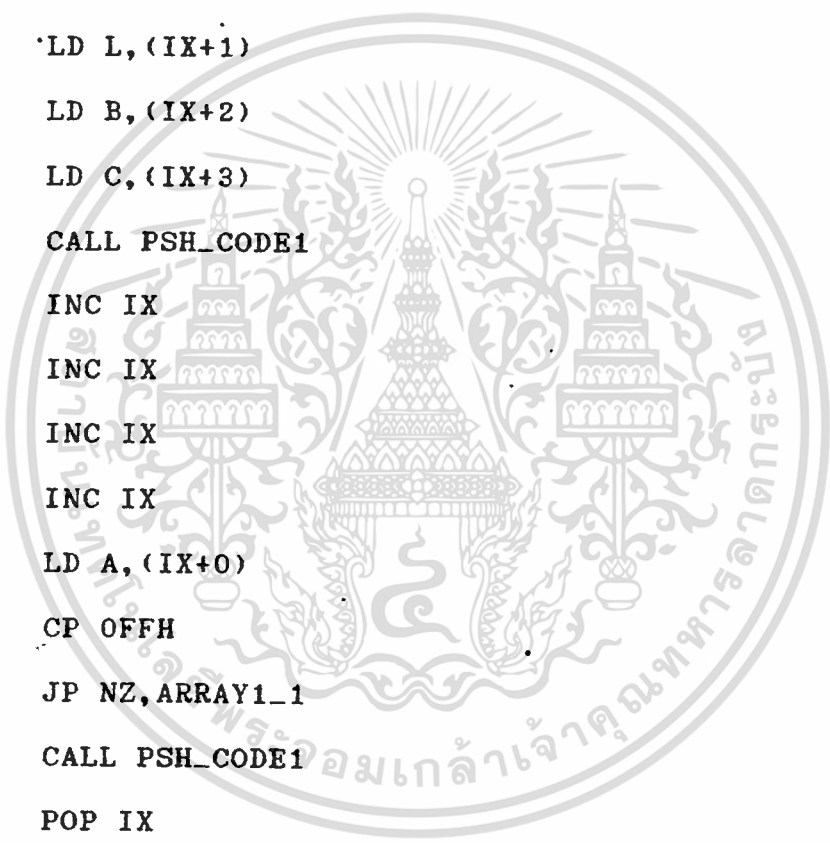
POP HL

POP DE

POP BC

POP AF

RET



;
; SUBROUTINE "ARRAY3"
;USE WITH SUBROUTINE PSH_CODE3 FOR FILL DATA AS ARRAY
;-----

ARRAY3:

PUSH AF
PUSH BC
PUSH DE
PUSH HL
PUSH IX

ARRAY3_1:

LD H, (IX+0)
LD L, (IX+1)
LD B, (IX+2)
LD C, (IX+3)
CALL PSH_CODE3
INC IX
INC IX
INC IX
INC IX
LD A, (IX+0)
CP OFFH
JP NZ, ARRAY3_1
CALL PSH_CODE3
POP IX
POP HL
POP DE
POP BC
POP AF
RET

;
; SUBROUTINE "ARRECT"
;USE WITH "RECT SUBROUTINE" FOR FILL DATA AS ARRAY

ARRECT:

PUSH AF
PUSH BC
PUSH DE
PUSH HL
PUSH IX

ARRECT1:

LD H, (IX+0)
LD L, (IX+1)
LD D, (IX+2)
LD B, (IX+3)
LD C, (IX+4)
CALL RECT
INC IX
INC IX
INC IX
INC IX
INC IX
LD A, (IX+0)
CP OFFH
JP NZ, ARRECT1
CALL RECT
POP IX
POP HL
POP DE
POP BC

POP AF

RET

; SUBROUTINE "ARRAYTXT"

ARRAYTXT:

PUSH AF

PUSH HL

PUSH IX

ARRAYT1: LD H, (IX+0)

LD L, (IX+1)

INC IX

INC IX

ARRAYT2: LD A, (IX+0)

LD (HL), A

INC HL

INC IX

LD A, (IX+0)

CP OFFH

JR NZ, ARRAYT2

INC IX

LD A, (IX+0)

CP OFFH

JR NZ, ARRAYT1

POP IX

POP HL

POP AF

RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-----  
;/////////////////////////////////  
;\\\\\\\\\\\\\\\\SOUND AREA\\\\\\\\\\\\\\\\  
;/////////////////////////////////  
;-----
```

```
;/////////////////////////////////  
;\\\\\\\\\\\\\\\\SOUND1\\\\\\\\\\\\\\\\  
;/////////////////////////////////
```

SND1:

```
LD HL,0800H ;SET TIME INTERVAL
```

```
LD B,OFFH ;SET LOUDNESS
```

SIRN:

```
LD C,040H ;SET FREQUENCY
```

```
LD D,025H ;SET LOOP
```

SIRN1:

```
CALL SOUND
```

```
DEC C
```

```
DEC D
```

```
JR NZ,SIRN1
```

```
CALL CHKSLCT
```

```
JP SND1
```

```
;/////////////////////////////////  
;\\\\\\\\\\\\\\\\SOUND2\\\\\\\\\\\\\\\\  
;/////////////////////////////////
```

SND2:

```
LD D,25
```

```
LD IX,TBLHAP
```

```
HAP: LD L,(IX+0)
```

LD H,00H
INC IX
LD C,(IX+0)
LD B,OFFH
LD E,OFFH

HAP1:

CALL SOUND
DEC B
DEC E
JR NZ,HAP1
LD B,15H
CALL SDELAY
CALL CHKSLCT
INC IX
DEC D
JR NZ,HAP
JP SND2

;////////////////////
;\\\\\\\\\\\\\\\\SOUND3\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\
;////////////////////

SND3:

LD D,59H
LD IX,TBLTHAI
THAI: LD H,(IX+0)
LD L,00H
INC IX

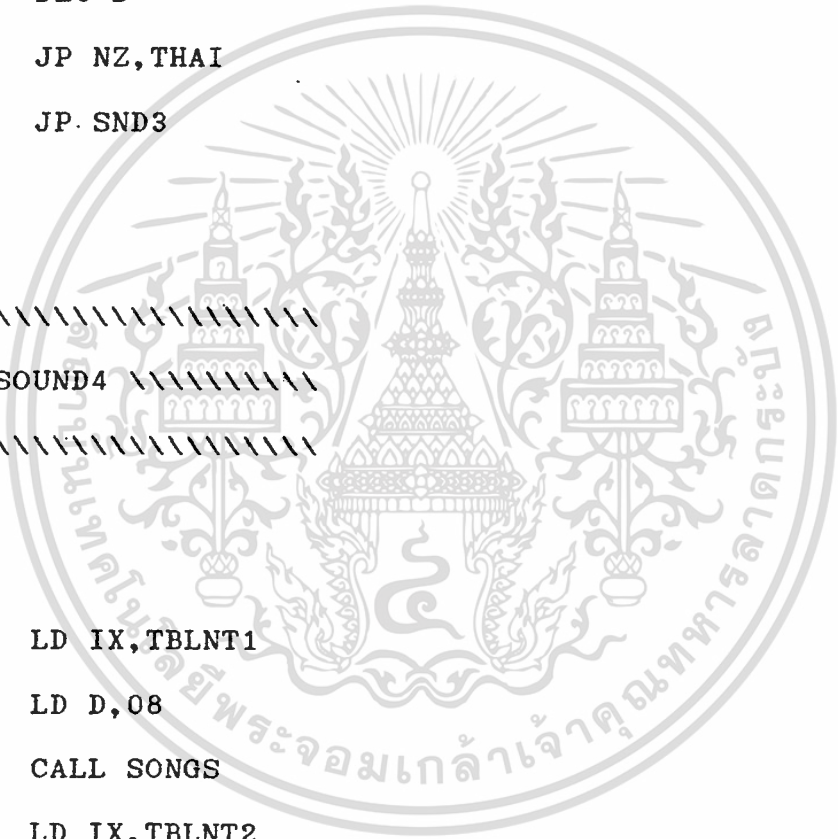
CALL SOUND
LD B,05AH
CALL SDELAY
CALL CHKSLCT
INC IX
DEC D
JP NZ,THAI
JP.SND3

;////////////////////
;////////////////SOUND4 //////////////////
;////////////////////

SND4:

NOTE:

LD IX,TBLNT1
LD D,08
CALL SONGS
LD IX,TBLNT2
LD D,08
CALL SONGS
LD B,05H
CALL SDELAY
CALL CHKSLCT
JP NOTE



```

;-----
;          SUBROUTINE "SOUND"
;HL--->SET TIME INTERVAL
;B---->SET LOUDNESS
;C---->SET FREQUENCY
;-----

```

```

SOUND:   PUSH AF
         PUSH HL
         PUSH DE
         PUSH BC

```

```

SOUND1:  LD D,00H
         LD A,B
         CALL SOUND2
         XOR A
         CALL SOUND2
         DEC D
         JR NZ,SOUND1
         POP BC
         POP DE
         POP HL
         POP AF
         RET

```

```

SOUND2:  OUT (ANALOG),A
         LD E,C

```

```

SOUND3:  DEC HL
         LD A,H
         OR L

```

```

JR NZ,SOUND4
INC D

```

```
SOUND4:  DEC E
          JR NZ,SQUND3
          RET
```

```
;
;          SUBROUTINE "SDELAY"
;B=NUMBER OF TIME SOUND DELAY
```

```
SDELAY:  PUSH AF
          PUSH BC
SDELAY1:  XOR A
SDELAY2:  DEC A
          JR NZ,SDELAY2
          DJNZ SDELAY1
          POP BC
          POP AF
          RET
```

```
;
;          SUBROUTINE "SONGS"
```

```
;D=NOTE COUNT
;(IX)=NOTE TABLE
```

SONGS:

```
PUSH BC
PUSH DE
PUSH HL
PUSH IX
```

```
SONGS1:  LD L,00H
```

```
LD H,(IX+0)
```

```
LD B,OFFH
```

```
INC IX
```

LD C, (IX+0)

CALL SOUND

INC IX

DEC D

JP NZ, SONGS1

POP IX

POP HL

POP DE

POP BC

RET

;
; SUBROUTINE "CHKSLCT"
;-----

CHKSLCT: PUSH AF
 CALL SCAN
 LD A, (POST)
 CP 33H ;SOUND17
 JP Z, SND1
 CP 43H ;SOUND27
 JP Z, SND2
 CP 32H ;SOUND37
 JP Z, SND3
 CP 42H ;SOUND47
 JP Z, SND4
 CP 31H ;NEW SOUND?
 JP Z, SLCTSND
 CP 41H ;RETURN MENU?
 JP Z, PGMENU

POP AF

RET

```

;-----
;////////////////////////////////
;////////////////////////////////
;////////////////////////////////
;-----

```

```

;////////////////////////////////
;////////////////////////////////
;////////////////////////////////

```

```

DOT1:    CALL BEEP
         LD A,00H           ;ACTIVE SCAN
         OUT (SCANP),A
         LD A,00000001B ;DATA LED
         LD HL,7000H       ;INITIAL VALUE OF DLYDOT
OUTP1:   OUT (DATA),A
         PUSH AF
         CALL DLYDOT1
         CALL CHKSPEED
         CALL SCAN
         LD A,(POST)
         CP 31H           ;STOP?
         JP Z,SLCTDOT
         CP 51H           ;BACK TO MENU?
         JP NZ,CONTI
         CALL BEEP
         JP PGMENU

```

CONTI:

```

;-----
CHKSPEED: PUSH AF
CHKINC:   CALL SCAN
          LD A,(POST)
          PUSH AF
          CP 33H
          JR NZ,CHKDEC
          LD A,H
          SUB 10H          ;IF INC HL=HL-0500H
          CP 10H          ;CHECK MAX SPEED
          JR NC,RESTR1
          LD A,10H
RESTR1:   LD H,A
CHKDEC:   POP AF
          CP 32H
          JR NZ,OUTCHK
          LD A,H
          ADD A,10H        ;IF DEC HL=HL+1000H
          CP 0F0H        ;CHECK MIN SPEED
          JR C,RESTR2
          LD A,0F0H
RESTR2:   LD H,A
OUTCHK:   POP AF
          RET

```

DLYDOT1:

PUSH AF ;SAVE DATA LED

PUSH HL

DLYDOT1_1:

DEC HL

LD A,H

OR L

JR NZ,DLYDOT1_1

POP HL

POP AF

RET

;DATA SET UP AREA

;DEFINE DATA ON REGISTER OF 6845

DAT6845: DFB 083H,050H,065H,00AH,027H,000H

DFB 018H,01FH,001H,007H,000H,000H

DFB 000H,000H,000H,000H,000H,000H

DFB 000H,000H,000H

; DATA AREA

DATPG1: DFB 020H,0B1H,002H,005H,059H,020H,0B8H,002H,005H,059H
DFB 020H,0BDH,002H,005H,059H,020H,0C1H,002H,005H,059H
DFB 020H,0C6H,002H,005H,059H,020H,0CAH,002H,005H,059H
DFB 020H,0D3H,002H,005H,059H,022H,0D9H,002H,004H,059H
DFB 022H,0E3H,002H,007H,059H,022H,0EDH,002H,007H,059H
DFB 022H,0F8H,002H,007H,059H,023H,002H,002H,007H,059H
DFB 023H,00CH,002H,007H,059H,020H,0D8H,002H,005H,059H
DFB 023H,044H,002H,002H,059H,023H,05EH,002H,001H,059H
DFB 023H,0AFH,002H,001H,059H,023H,0CFH,002H,004H,059H
DFB 024H,000H,002H,001H,059H,023H,013H,002H,007H,059H
DFB 024H,051H,002H,001H,059H,024H,0A2H,002H,001H,059H
DFB 0FFH

DATPG1_1: DFB 020H,0AEH,008H,059H,020H,0B8H,007H,059H
DFB 020H,0CAH,007H,059H,021H,073H,007H,059H
DFB 021H,0F8H,007H,059H,022H,001H,007H,059H
DFB 022H,00AH,007H,059H,022H,0D9H,008H,059H
DFB 022H,0E3H,008H,059H,022H,0EDH,008H,059H
DFB 022H,0F8H,008H,059H,023H,002H,008H,059H
DFB 023H,00CH,003H,059H,023H,0C9H,008H,059H
DFB 023H,0DDH,008H,059H,023H,0E8H,007H,059H
DFB 023H,0F2H,007H,059H,024H,030H,003H,059H
DFB 024H,082H,003H,059H,024H,0B9H,008H,059H
DFB 024H,0C3H,008H,059H,024H,0D3H,003H,059H
DFB 024H,0D8H,008H,059H,024H,0E2H,008H,059H
DFB 026H,07AH,004H,059H,026H,0CAH,004H,059H ;SW

DFB 0FFH

TXTMENU: DFB 01DH,015H,01EH,025H,0FFH ;TEXT MENU

DATPGMENU:

DATMENU1: DFB 025H,066H,002H,004H,000H,025H,018H,002H,001H,000H
DFB 025H,01BH,002H,001H,000H,025H,06DH,002H,004H,000H
DFB 025H,021H,002H,005H,000H,025H,029H,002H,005H,000H
DFB 025H,02FH,002H,005H,000H,025H,033H,002H,005H,000H
DFB 025H,039H,002H,005H,000H,0FFH

DATMENU2: DFB 025H,021H,006H,000H,025H,0C1H,005H,000H
DFB 026H,061H,006H,000H,025H,06AH,001H,000H
DFB 025H,079H,003H,000H,025H,0CCH,001H,000H
DFB 026H,01DH,001H,000H,026H,06EH,003H,000H
DFB 026H,073H,008H,000H
DFB 021H,000H,004H,000H,021H,01EH,004H,000H
DFB 022H,0E0H,004H,000H,022H,0FEH,004H,000H,0FFH

PTXTMENU:

DFB 021H,006H,047H,043H,049H,041H,038H,0FFH
;TXT SOUND

DFB 022H,0E6H,038H,043H,048H,0FFH
;TXT DOT

DFB 021H,024H,035H,049H,04CH,02CH,0FFH
;TXT AUX1

DFB 023H,004H,035H,049H,04CH,02DH,0FFH,0FFH
;TXT AUX2

DATPGSOUND:

PGSOUND1: DFB 020H,0B2H,003H,059H,020H,0BBH,005H,059H
DFB 020H,0C0H,005H,059H,020H,0C4H,005H,059H
DFB 020H,0C9H,005H,059H,020H,0C9H,005H,059H
DFB 020H,0CEH,002H,059H,020H,0D2H,005H,059H
DFB 020H,0D6H,005H,059H,021H,02BH,003H,059H
DFB 021H,057H,003H,059H,OFFH

PGSOUND2: DFB 020H,0B2H,006H,059H,020H,0BBH,006H,059H
DFB 020H,0D6H,005H,059H,021H,052H,006H,059H
DFB 021H,06FH,001H,059H
DFB 021H,0C0H,001H,059H,021H,0F2H,006H,059H
DFB 021H,0FBH,006H,059H,022H,004H,006H,059H
DFB 022H,011H,001H,059H,022H,016H,005H,059H
DFB 022H,0EFH,004H,059H,022H,0FEH,004H,059H
;SWSND1,2
DFB 024H,0CFH,004H,059H,024H,0DEH,004H,059H
;SWSND3,4
DFB 026H,0AFH,004H,059H,026H,0BEH,004H,059H,
;SWMENU

DFB OFFH

PSNDTXT: DFB 022H,0F5H,023H,01FH,025H,01EH,014H,002H,OFFH
;TXT SOUND1
DFB 023H,004H,023H,01FH,025H,01EH,014H,003H,OFFH
;TXT SOUND2
DFB 024H,0D5H,023H,01FH,025H,01EH,014H,004H,OFFH
;TXT SOUND3
DFB 024H,0E4H,023H,01FH,025H,01EH,014H,005H,OFFH
;TXT SOUND4

DFB 026H,0B5H,023H,024H,01FH,020H,OFFH

;TXT STOP

DFB OFFH

;END TXT SNDSL1

;-----
DATPGDOT:

PGDOT1: DFB 020H,0A7H,002H,005H,000H,OFFH

PGDOT2: DFB 023H,027H,003H,000H

DFB 023H,02DH,003H,000H

DFB 025H,05AH,004H,000H,OFFH

PGDOT3: DFB 020H,0A7H,006H,000H

DFB 020H,0FDH,001H,000H

DFB 021H,04EH,001H,000H

DFB 021H,09DH,001H,000H

DFB 021H,0E7H,006H,000H

DFB 022H,0D8H,005H,000H

DFB 024H,018H,005H,000H

DFB 025H,007H,007H,000H,OFFH

SWDOT: DFB 021H,00FH,004H,059H ;SWDOT1

DFB 022H,0EFH,004H,059H ;SWDOT2

DFB 024H,0CFH,004H,059H ;SWDOT3

DFB 026H,0AFH,004H,059H ;SWDOT4

DFB 026H,0CAH,004H,059H ;SWMENU

DFB OFFH

PDOTTXT:

DFB 021H,015H,023H,024H,011H,022H,024H,OFFH

;TEXT START

DFB 022H,0F5H,019H,01EH,013H,000H,023H,020H

DFB 015H,015H,014H,OFFH

;TXT INC SPEED

DFB 024H,0D5H,014H,015H,013H,000H,023H,020H

DFB 015H,015H,014H,0FFH

;TEXT DEC SPEED

DFB 026H,0B5H,023H,024H,01FH,020H,0FFH

;TEXT STOP

DFB 0FFH

; SOUND DATA AREA

TBLHAP: DFB 040H,049H,040H,049H,080H,040H,060H,049H

DFB 080H,036H,0D0H,039H,040H,049H,040H,049H

DFB 080H,040H,060H,049H,080H,030H,0C8H,036H

DFB 040H,049H,040H,049H,080H,024H,080H,02BH

DFB 080H,036H,080H,039H,0F0H,040H,038H,026H

DFB 038H,026H,090H,02AH,080H,036H,080H,030H

DFB 0FFH,036H

TBLTHAI: DFB 040H,057H,040H,061H,040H,06DH,000H,049H

DFB 080H,057H,000H,057H

DFB 040H,040H,040H,049H,040H,057H,000H,036H

DFB 080H,040H,000H,040H

DFB 000H,036H,040H,030H,040H,036H,040H,040H

DFB 000H,049H

DFB 040H,057H,040H,049H,000H,061H,040H,001H

DFB 080H,057H,000H,049H,040H,040H,040H,049H

DFB 040H,040H,000H,036H

DFB 080H,049H,080H,036H,080H,02BH,040H,02BH

DFB 040H,036H,040H,030H,000H,02BH

DFB 080H,036H,080H,036H,080H,040H,000H,049H

DFB 040H,057H,040H,040H,040H,049H,000H,057H

DFB 080H,061H,000H,06DH,040H,001H
 DFB 040H,057H,040H,061H,040H,06DH,000H,040H
 DFB 080H,057H,000H,057H
 DFB 040H,040H,040H,049H,040H,057H,000H,036H
 DFB 080H,040H,000H,040H
 DFB 000H,036H,040H,030H,040H,036H,040H,040H
 DFB 000H,049H
 DFB 040H,057H,040H,049H,000H,061H,040H,001H
 DFB 080H,057H,000H,049H,040H,040H,040H,049H
 DFB 040H,040H,000H,02BH
 DFB 040H,030H,040H,036H,040H,040H,000H,030H
 DFB 080H,036H,000H,040H
 DFB 080H,040H,000H,030H,040H,036H,080H,040H
 DFB 000H,036H
 DFB 040H,049H,040H,057H,040H,040H,000H,049H
 DFB 080H,061H,000H,06DH
 TBLNT1: DFB 080H,06DH,080H,061H,080H,057H,080H,051H
 DFB 080H,049H,080H,040H,080H,039H,080H,036H
 TBLNT2: DFB 080H,036H,080H,039H,080H,040H,080H,049H
 DFB 080H,051H,080H,057H,080H,061H,080H,06DH

;-----
 ; DEFINE USRER STACK
 ;-----

ORG 8100H

USR: DFS 30H

POST: DFS 02H

END

CPU"Z80.TBL"

HOF"INT8"

ORG 0000H

;CHARECTER GENERATER OF NUMERICAL AND OPERAND

NUM: DFB 000H,000H,000H,000H,000H,000H,000H,000H ;BLANK
DFB 028H,044H,044H,044H,044H,044H,038H,000H ;0
DFB 010H,030H,050H,010H,010H,010H,07CH,000H ;1
DFB 032H,044H,004H,008H,010H,020H,07CH,000H ;2
DFB 07CH,008H,010H,018H,004H,044H,038H,000H ;3
DFB 004H,000H,014H,024H,07EH,004H,004H,000H ;4
DFB 07CH,040H,040H,078H,040H,044H,03CH,000H ;5
DFB 038H,044H,040H,078H,044H,044H,038H,000H ;6
DFB 07CH,004H,004H,006H,010H,020H,040H,000H ;7
DFB 038H,044H,044H,038H,044H,044H,038H,000H ;8
DFB 038H,044H,044H,03CH,004H,044H,038H,000H ;9
DFB 000H,018H,018H,000H,000H,018H,018H,000H ;:
DFB 000H,018H,018H,000H,018H,018H,008H,010H ;;
DFB 000H,008H,010H,020H,010H,008H,000H,000H ;<
DFB 000H,000H,07CH,000H,07CH,000H,000H,000H ;=
DFB 000H,020H,010H,008H,010H,020H,000H,000H ;>
DFB 038H,044H,004H,008H,010H,000H,010H,000H ;7
CHA: DFB 010H,028H,044H,044H,07CH,044H,044H,000H ;A
DFB 078H,044H,044H,078H,044H,044H,078H,000H ;B
DFB 038H,044H,040H,040H,040H,044H,038H,000H ;C
DFB 078H,044H,044H,044H,044H,044H,078H,000H ;D
DFB 074H,040H,040H,070H,044H,040H,074H,000H ;E
DFB 074H,040H,040H,070H,040H,040H,040H,000H ;F
DFB 038H,044H,040H,040H,054H,044H,038H,000H ;G

DFB 044H, 044H, 044H, 07CH, 044H, 044H, 044H, 000H ;H
DFB 07CH, 010H, 010H, 010H, 010H, 010H, 07CH, 000H ;I
DFB 07CH, 010H, 010H, 010H, 010H, 050H, 020H, 000H ;J
DFB 044H, 048H, 050H, 060H, 050H, 048H, 044H, 000H ;K
DFB 040H, 040H, 040H, 040H, 040H, 040H, 07CH, 000H ;L
DFB 044H, 044H, 06CH, 054H, 044H, 044H, 044H, 000H ;M
DFB 044H, 044H, 064H, 054H, 04CH, 044H, 044H, 000H ;N
DFB 038H, 044H, 044H, 044H, 044H, 044H, 038H, 000H ;O
DFB 078H, 044H, 044H, 078H, 040H, 040H, 040H, 000H ;P
DFB 038H, 044H, 044H, 044H, 05CH, 04CH, 03CH, 002H ;Q
DFB 078H, 044H, 044H, 078H, 050H, 048H, 044H, 000H ;R
DFB 038H, 044H, 040H, 078H, 004H, 044H, 038H, 000H ;S
DFB 07CH, 010H, 010H, 010H, 010H, 010H, 010H, 000H ;T
DFB 044H, 044H, 044H, 044H, 044H, 044H, 038H, 000H ;U
DFB 044H, 044H, 044H, 044H, 044H, 028H, 010H, 000H ;V
DFB 044H, 044H, 044H, 05CH, 06CH, 044H, 044H, 000H ;W
DFB 044H, 044H, 028H, 010H, 028H, 044H, 044H, 000H ;X
DFB 044H, 044H, 044H, 028H, 010H, 010H, 010H, 000H ;Y
DFB 07CH, 004H, 008H, 010H, 020H, 040H, 07CH, 000H ;Z
INVN: DFB 0C7H, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0C7H, 0FFH ; 0'
DFB 0EFH, 0CFH, 0AFH, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 083H, 0FFH ; 1'
DFB 0C7H, 0BBH, 0FBH, 0F7H, 0EFH, 0DFH, 083H, 0FFH ; 2'
DFB 083H, 0F7H, 0EFH, 0F7H, 0FBH, 0BBH, 0C7H, 0FFH ; 3'
DFB 0FBH, 0F3H, 0EBH, 0DBH, 081H, 0FBH, 0FBH, 0FFH ; 4'
DFB 083H, 0BFH, 0BFH, 087H, 0FBH, 0BBH, 0C3H, 0FFH ; 5'
DFB 0C7H, 0BBH, 0BFH, 087H, 0BBH, 0BBH, 0C7H, 0FFH ; 6'
DFB 083H, 0FBH, 0FBH, 0F7H, 0EFH, 0DFH, 0BFH, 0FFH ; 7'
DFB 0C3H, 0BBH, 0BBH, 0C3H, 0BBH, 0BBH, 0C3H, 0FFH ; 8'
DFB 0C7H, 0BBH, 0BBH, 0C3H, 0FBH, 0BBH, 0B7H, 0FFH ; 9'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INVC: DFB 0EFH, 0D7H, 0BBH, 0BBH, 083H, 0BBH, 0BBH, 0FFH ;A'
DFB 087H, 0BBH, 0BBH, 087H, 0BBH, 0BBH, 087H, 0FFH ;B'
DFB 0C7H, 0BBH, 0BFH, 0BFH, 0BFH, 0BBH, 0C7H, 0FFH ;C'
DFB 087H, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 087H, 0FFH ;D'
DFB 083H, 0BFH, 0BFH, 08FH, 0BFH, 0BFH, 083H, 0FFH ;E'
DFB 083H, 0BFH, 0BFH, 08FH, 0BFH, 0BFH, 0BFH, 0FFH ;F'
DFB 0C7H, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0A3H, 0BBH, 0C7H, 0FFH ;G'
DFB 0BBH, 0BBH, 0BBH, 083H, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0FFH ;H'
DFB 083H, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 083H, 0FFH ;I'
DFB 083H, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 0AFH, 0DFH, 0FFH ;J'
DFB 0BBH, 0B7H, 0AFH, 09FH, 0AFH, 0B7H, 0BBH, 0FFH ;K'
DFB 0BFH, 0BFH, 0BFH, 0BFH, 0BFH, 0BFH, 083H, 0FFH ;L'
DFB 0BBH, 0BBH, 093H, 0ABH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0FFH ;M'
DFB 0BBH, 0BBH, 09BH, 0ABH, 0B3H, 0BBH, 0BBH, 0FFH ;N'
DFB 0C7H, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0C7H, 0FFH ;O'
DFB 087H, 0BBH, 0BBH, 087H, 0BFH, 0BFH, 0BFH, 0FFH ;P'
DFB 0C7H, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0ABH, 0B3H, 0C3H, 0FDH ;Q'
DFB 087H, 0BBH, 0BBH, 087H, 0AFH, 0B7H, 0BBH, 0FFH ;R'
DFB 0C7H, 0BBH, 0BFH, 0A7H, 0FBH, 0BBH, 0A7H, 0FFH ;S'
DFB 083H, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 0FFH ;T'
DFB 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0C7H, 0FFH ;U'
DFB 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0D7H, 0EFH, 0FFH ;V'
DFB 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0ABH, 093H, 0BBH, 0BBH, 0FFH ;W'
DFB 0BBH, 0BBH, 0D7H, 0EFH, 0D7H, 0BBH, 0BBH, 0FFH ;X'
DFB 0BBH, 0BBH, 0BBH, 0D7H, 0EFH, 0EFH, 0EFH, 0FFH ;Y'
DFB 083H, 0FBH, 0F7H, 0EFH, 0DFH, 0BFH, 083H, 0FFH ;Z'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPC: DFB 080H,080H,080H,080H,080H,080H,080H,0FFH ; L
 DFB 0FFH,001H,001H,001H,001H,001H,001H,001H ; 7
 DFB 001H,001H,001H,0FFH,001H,001H,001H,001H ; 1
 DFB 080H,080H,080H,0FFH,080H,080H,080H,080H ; 1
 DFB 0FFH,010H,010H,010H,010H,010H,010H,010H ; T
 DFB 010H,010H,010H,010H,010H,010H,010H,0FFH ; 1
 DFB 0FFH,000H,000H,000H,000H,000H,000H,000H ; -
 DFB 000H,000H,000H,000H,000H,000H,000H,0FFH ; -
 DFB 001H,001H,001H,001H,001H,001H,001H,001H ; |
 DFB 080H,080H,080H,080H,080H,080H,080H,080H ; |
 DFB 0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH ;

END





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-P-N PLANAR SILICON PHOTOTRANSISTOR

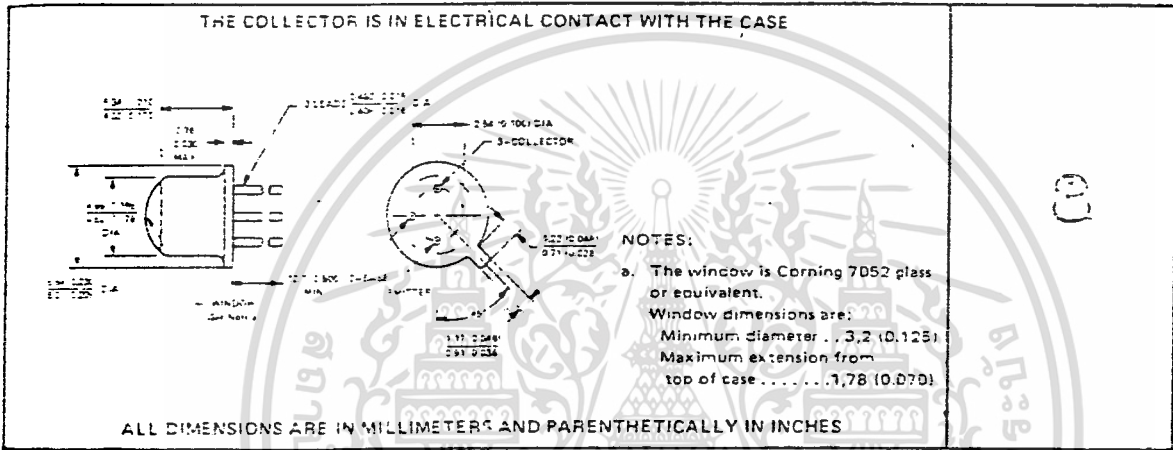
TYPE TIL81

D1215, MARCH 1972—REVISED DECEMBER 1982

- Recommended for Application in Character Recognition, Tape and Card Readers, Velocity Indicators, and Encoders
- Spectrally and Mechanically Compatible with TIL31B IR Emitter
- Glass-to-Metal-Seal Header
- Base Contact Externally Available
- Saturation Level Directly Compatible with Most TTL/DTL
- TIL81HR2* Includes High-Reliability Processing and Lot Acceptance (See Page 5-13 for Summary of Processing)

mechanical data

The device is in a hermetically sealed package with glass window. The outline of the TIL81 is similar to TO-18 except for the window. All TO-18 registration notes also apply to this outline



PHOTODETECTORS

absolute maximum ratings at 25° C free-air temperature (unless otherwise noted)

| | |
|---|------------------|
| Collector-Base Voltage | 50 V |
| Collector-Emitter Voltage | 30 V |
| Emitter-Base Voltage | 7 V |
| Emitter-Collector Voltage | 7 V |
| Continuous Collector Current | 50 mA |
| Continuous Device Dissipation at (or below) 25° C Free-Air Temperature (See Note 1) | 250 mW |
| Operating Free-Air Temperature Range | -55° C to 125° C |
| Storage Temperature Range | -65° C to 150° C |
| Lead Temperature 1.6 mm (1/16 inch) from Case for 10 Seconds | 240° C |

NOTE 1: Derate linearly to 125° C free-air temperature at the rate of 2.5 mW/°C.

* All electrical and mechanical specifications for the "TIL81" also apply for the TIL81HR2.

Copyright © 1982 by Texas Instruments Incorporated

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

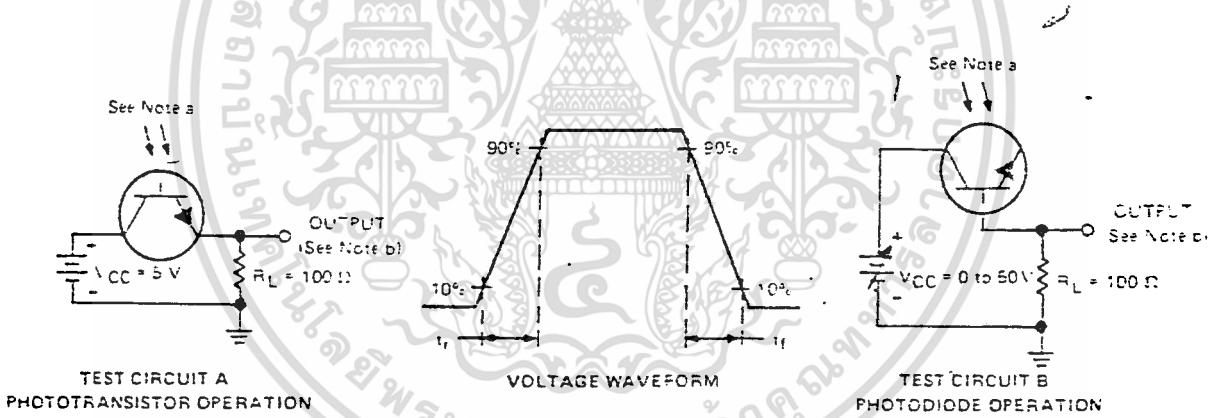
| PARAMETER | | TEST CONDITIONS | | | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|--------------------|---------------------------------------|------------------------------|---|---|-----|-----|------|---------|
| $V_{CE} = V_{CEO}$ | Collector-Base Breakdown Voltage | $I_C = 100 \mu A$ | $I_E = 0$ | $E_e = 0$ | 50 | | | V |
| $V_{CE} = V_{CE0}$ | Collector-Emitter Breakdown Voltage | $I_C = 100 \mu A$ | $I_B = 0$ | $E_e = 0$ | 30 | | | V |
| $V_{EB} = V_{EBO}$ | Emitter-Base Breakdown Voltage | $I_E = 100 \mu A$ | $I_C = 0$ | $E_e = 0$ | 7 | | | V |
| $V_{EB} = V_{EBC}$ | Emitter-Collector Breakdown Voltage | $I_E = 100 \mu A$ | $I_B = 0$ | $E_e = 0$ | 7 | | | V |
| I_D | Dark Current | Phototransistor Operation | $V_{CE} = 10 V$, $V_{CE} = 10 V$, $T_A = 100^\circ C$ | $I_B = 0$, $I_B = 0$, $E_e = 0$ | | | 0* | μA |
| | | Photodiode Operation | $V_{CB} = 10 V$ | $I_E = 0$, $E_e = 0$ | | | 0.01 | μA |
| I_L | Light Current | Phototransistor Operation | $V_{CE} = 5 V$, See Note 2 | $I_B = 0$, $E_e = 5 mW/cm^2$ | 5 | 22 | | mA |
| | | Photodiode Operation | $V_{CB} = 0$ to 50 V, See Note 2 | $I_E = 0$, $E_e = 20 mW/cm^2$ | | | 170 | μA |
| β_{FE} | Static Forward Current Transfer Ratio | $V_{CE} = 5 V$ | $I_C = 1 mA$ | $E_e = 0$ | | 200 | | |
| $V_{CE(sat)}$ | Collector-Emitter Saturation Voltage | $I_C = 2 mA$, See Note 2 | $I_B = 0$ | $E_e = 20 mW/cm^2$ | 0.2 | | | V |

NOTE 2: Irradiance (E_e) is the radiant power per unit area incident upon a surface. For these measurements the source is an unfiltered tungsten incandescent lamp operating at a color temperature of 2870 K.

switching characteristics at 25°C free-air temperature

| PARAMETER | | TEST CONDITIONS | | TYPICAL | UNIT |
|-----------|-----------|---------------------------|---|---------|------|
| t_r | Rise Time | Phototransistor Operation | $V_{CC} = 5 V$, $I_L = 800 \mu A$, $R_L = 100 \Omega$ | 2 | ns |
| t_f | Fall Time | | See Test Circuit A of Figure 1 | 5 | |
| t_r | Rise Time | Photodiode Operation | $V_{CC} = 0$ to 50 V, $I_L = 60 \mu A$, $R_L = 100 \Omega$ | 350 | ns |
| t_f | Fall Time | | See Test Circuit B of Figure 1 | 500 | |

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: a. Input irradiance is supplied by a pulsed gallium arsenide infrared emitter with rise and fall times less than 50 ns. Incident irradiation is adjusted for specified I_L .
 b. Output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: $t_r > 25 ns$, $P_{in} > 1 M\Omega$, $C_{in} < 20 pF$

FIGURE 1

PHOTODETECTORS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

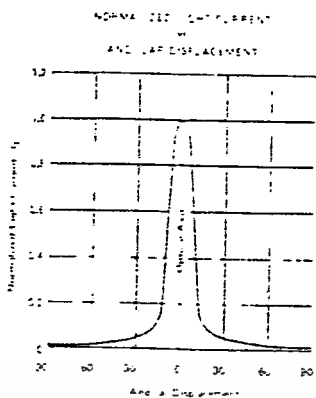


FIGURE 2

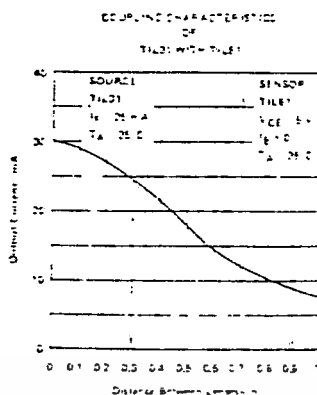


FIGURE 3

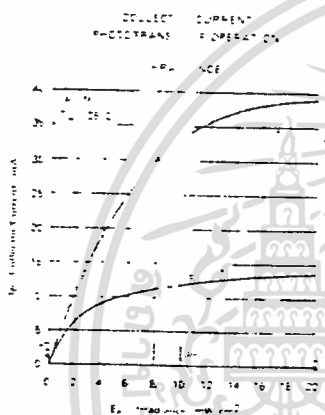


FIGURE 4

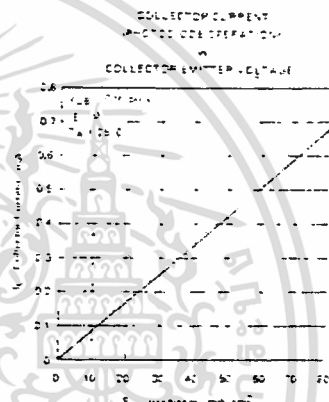


FIGURE 5

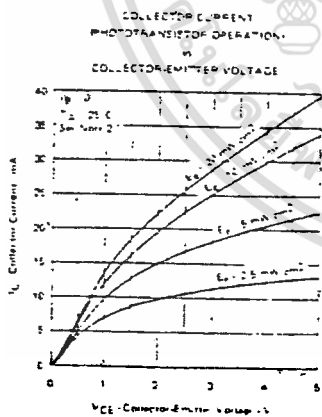


FIGURE 6

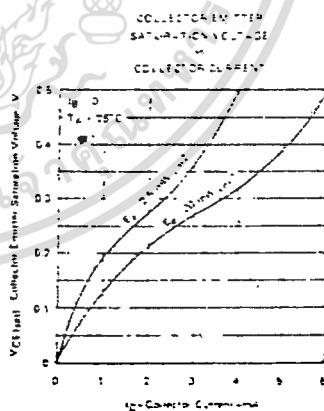


FIGURE 7

NOTE 2: Irradiance (E_0) is the radiant power per unit area incident upon a surface. For these measurements the source is an unfiltered tungsten linear-filament lamp operating at a color temperature of 2870 K.

PHOTODETECTORS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPE TIL81 N-P-N PLANAR SILICON PHOTOTRANSISTOR

TYPICAL CHARACTERISTICS

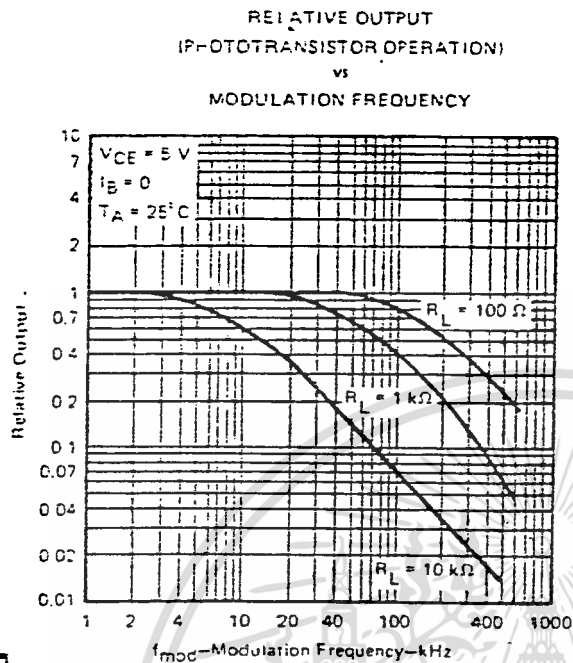


FIGURE 8

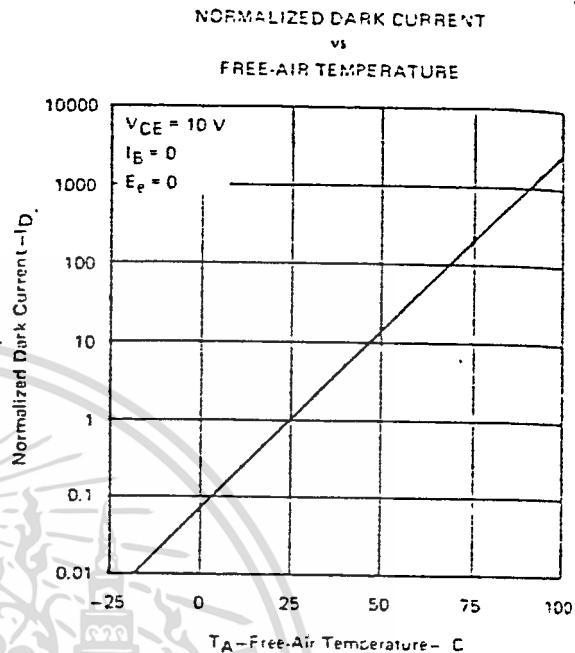


FIGURE 9

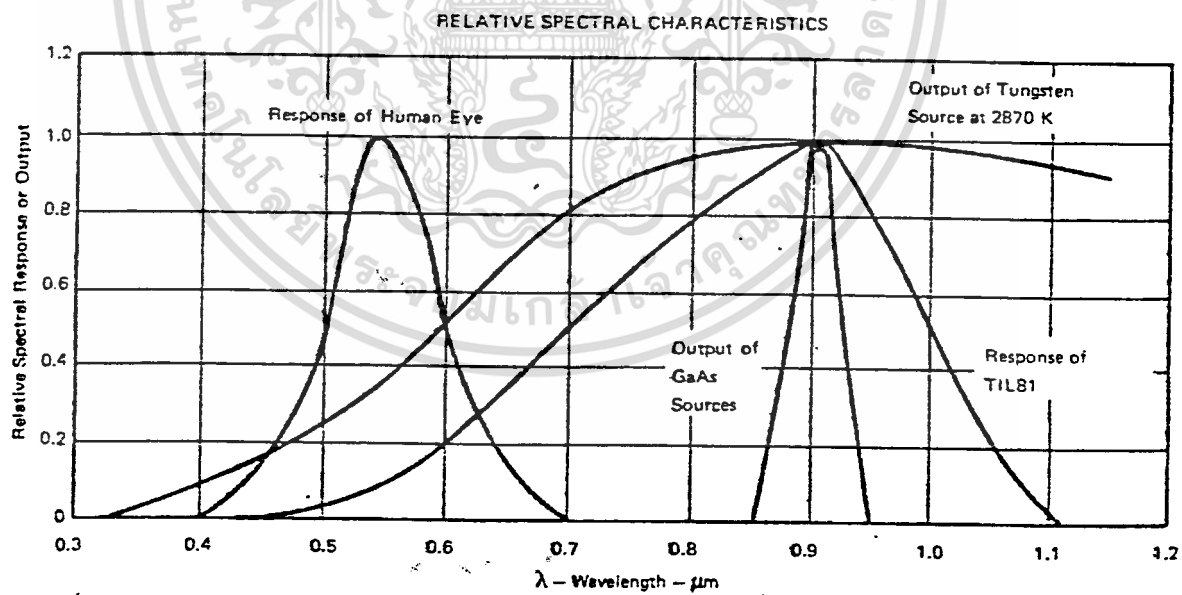


FIGURE 10

PHOTODETECTORS

- This processing applies only to devices ordered under the part number TILB1HR2
- For electrical and mechanical specifications, refer to page 5-9

This processing and lot acceptance follow the sequence of tests in MIL-S-19500 for JANTX types. This is not to be construed to be a JANTX-qualified part. A detail specification is available upon request through your TI Field Sales Office or Optoelectronics Marketing at the following address:

Texas Instruments Incorporated
Optoelectronics Marketing
P.O. Box 225012, MS 12
Dallas, Texas 75265
Phone: (214) 995-3221

| TEST | MIL-STD-750 TEST METHOD |
|---|----------------------------|
| 100% Processing | |
| Storage: $T_A = 125^\circ\text{C}$, $t = 24$ h | 1032 |
| Temperature Cycle: -55°C to 125°C , 10 cycles | 1051 |
| Constant Acceleration: 20,000 G, Y_1 axis | 2006 |
| High-Temperature Reverse Bias: | |
| $V_{CE} = 20$ V, $T_A = 125^\circ\text{C}$, $t = 48$ h | 1039 |
| Power Burn-in: | |
| $P_D = 250$ mW, $t = 168$ h | 1039 |
| Hermetic Seal, Fine | 1071 Cond. G or H |
| Hermetic Seal, Gross | 1071 Cond. C or D |
| External Visual | 2071 |
| Product Acceptance | |
| Group A: LTPD = 5 | |
| External Visual | 2071 |
| Electrical: $T_A = 25^\circ\text{C}$ | |
| Electrical: $T_A = 100^\circ\text{C}$ | |
| Group B-1: LTPD = 15 | |
| Solderability | 2026 |
| Resistance to Solvents | 1022 |
| Group B-2: LTPD = 10 | |
| Thermal Shock | 1051 Cond. B-1 |
| Hermetic Seal, Fine | 1071 Cond. G or H |
| Hermetic Seal, Gross | 1071 Cond. C or D |
| Group B-3: LTPD = 5 | |
| Steady-State Operating Life: $t = 340$ h | 1027 |

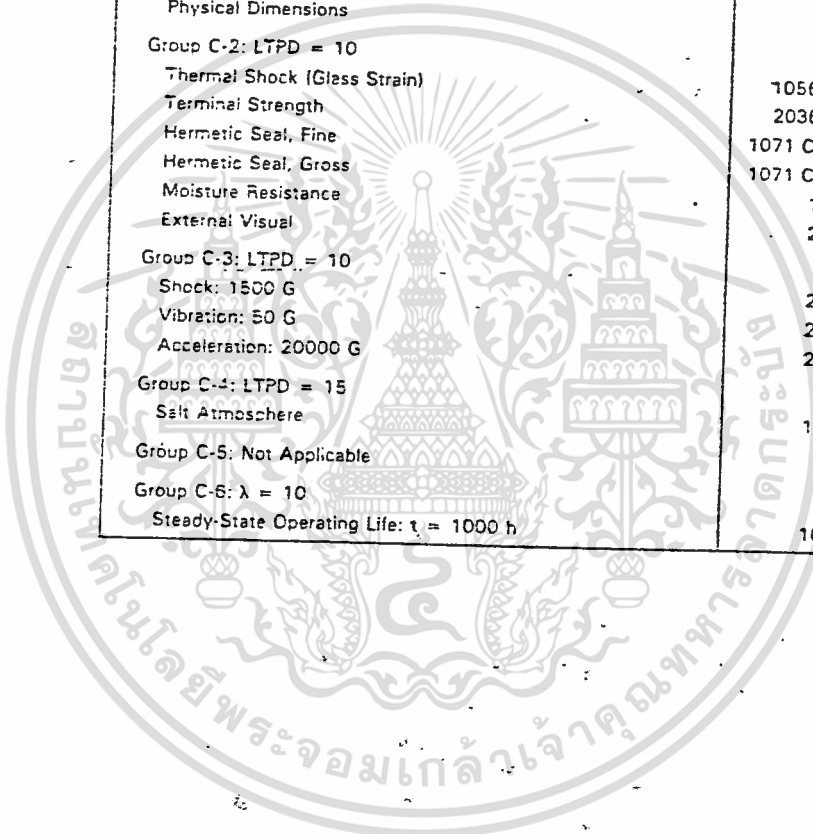
PHOTODETECTORS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| TEST | MIL-STD-750 TEST METHOD |
|--|--|
| Group B-4: Decap, Internal Visual; Design Verification 1 Device: 0 Failure Bond Strength LTPD = 20 (C = 0) | 2075 2037 Cond. A |
| Group B-5: Not Applicable | |
| Group B-6: LTPD = 7 High-Temperature Life (Nonoperating) $t = 340$ h | 1032 |
| (Group C Tests are run on one lot every six months) | |
| Group C-1: LTPD = 15 Physical Dimensions | 2066 |
| Group C-2: LTPD = 10 Thermal Shock (Glass Strain) Terminal Strength Hermetic Seal, Fine Hermetic Seal, Gross Moisture Resistance External Visual | 1056 Cond. A 2036 Cond. E 1071 Cond. G or H 1071 Cond. C or D 1021 2071 |
| Group C-3: LTPD = 10 Shock: 1500 G Vibration: 50 G Acceleration: 20000 G | 2016 2056 2006 |
| Group C-4: LTPD = 15 Salt Atmosphere | 1041 |
| Group C-5: Not Applicable | |
| Group C-6: $\lambda = 10$ Steady-State Operating Life: $t = 1000$ h | 1025 |



PHOTODETECTORS

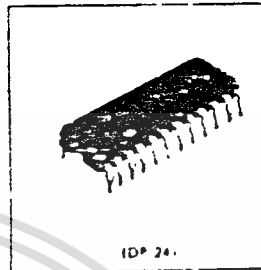


HM6116P-2, HM6116P-3, HM6116P-4

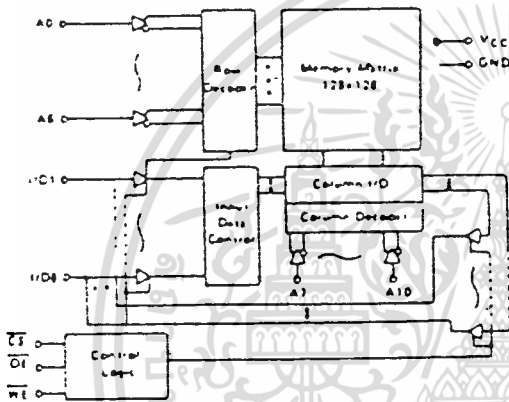
2048-word X 8-bit High Speed Static CMOS RAM

FEATURES

- Single 5V Supply and High Density 24 pin Package
- High Speed - Fast Access Time 120ns/150ns/200ns (max)
- Low Power Standby and Low Power Operation. Standby 100µW (typ) Operation 180mW (typ)
- Completely Static RAM - No clock or Timing Strobe Required
- Directly TTL Compatible - All Input and Output
- Pin Out Compatible with Standard 16K EPROM/MASK ROM
- Equal Access and Cycle Time



FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



PIN ARRANGEMENT



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| Item | Symbol | Rating | Unit |
|------------------------------------|-----------|--------------|------|
| Voltage on Any Pin Relative to GND | V_{IN} | -0.5 to +7.0 | V |
| Operating Temperature | T_{OP} | 0 to +70 | °C |
| Storage Temperature | T_{STG} | -65 to +125 | °C |
| Temperature Under Bias | T_{AMB} | -10 to +85 | °C |
| Power Dissipation | P_T | 1.0 | W |

TRUTH TABLE

| CS | OE | WE | Address not Selected | VCC Current | I/O Pin | Bus Cycle |
|----|----|----|-------------------------|-------------------|----------|--------------------|
| H | X | X | not Selected | I_{SB}, I_{SB1} | High Z | Read Cycle (11-12) |
| L | L | H | Read | I_{CC} | D_{in} | Write Cycle (1) |
| L | H | L | Write | I_{CC} | D_{in} | Write Cycle (1) |
| L | L | L | Write | I_{CC} | D_{in} | Write Cycle (2) |

● RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS (V_{CC} = 0.10 ± 30°C)

| Item | Symbol | min | typ | max | Unit |
|----------------|-----------------|-------|-----|-----|------|
| Supply Voltage | V _{CC} | 4.5 | 5.0 | 5.5 | V |
| | GND | 0 | 0 | 0 | V |
| Input Voltage | V _{IH} | 2.2 | 3.5 | 6.0 | V |
| | V _{IL} | -1.0* | - | 0.8 | V |

* Pull-up at 50 nA DC, V_{IL} min = -0.3V

● DC AND OPERATING CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5V ± 10%, GND = 0V, T_a = 0.10 ± 30°C)

| Item | Symbol | Test Conditions | HM6116P 2 | | HM6116P 3 | | HM6116P 4 | | Unit |
|--------------------------------|---------------------|---|-----------|------|-----------|-----|-----------|-----|------|
| | | | min | typ | min | max | min | max | |
| Input Leakage Current | I _{IL1} | V _{CC} = 5.5V, V _{IN} = GND to V _{CC} | - | - | 10 | - | - | 10 | μA |
| Output Leakage Current | I _{LO1} | V _{CC} = V _{IH} or 0V, V _{IN} = V _{ILO} = GND to V _{CC} | - | - | 10 | - | - | 10 | μA |
| Operating Power Supply Current | I _{CC} | V _{CC} = V _{IH} , I _{IO} = 0mA | - | 40 | 80 | - | 35 | 70 | mA |
| | I _{CC1} ** | V _{IH} = 3.5V, V _{IL} = 0.8V, I _{IO} = 0mA | - | 38 | - | - | 30 | - | mA |
| Average Operating Current | I _{CC2} | Min. cycle duty = 100% | - | 40 | 80 | - | 35 | 70 | mA |
| Standby Power Supply Current | I _{SB} | V _{CC} = V _{IH} | - | 5 | 15 | - | 5 | 15 | mA |
| | I _{SB1} | V _{CC} = V _{CC} - 0.2V, V _{IN} = 2 V _{CC} - 0.2V or V _{IN} = 5.03V | - | 0.02 | 7 | - | 0.02 | 7 | mA |
| Output Voltage | V _{OL} | I _{OL} = 4mA | - | - | 0.4 | - | - | - | V |
| | | I _{OL} = 2.1mA | - | - | - | - | - | 0.4 | V |
| | V _{OH} | I _{OH} = -1.0mA | 2.4 | - | - | 2.4 | - | - | V |

* V_{CC} = 5V, T_a = 25°C

** Reference Only

● AC CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5V ± 10%, T_a = 0.10 ± 30°C)

● AC TEST CONDITIONS

Input Pulse Levels: 0.8 to 2.4V

Input Rise and Fall Times: 10 ns

Input and Output Timing Reference Levels: 1.5V

Output Load: 1 TTL Gate and C_L = 100pF

(including scope and jig)

● READ CYCLE

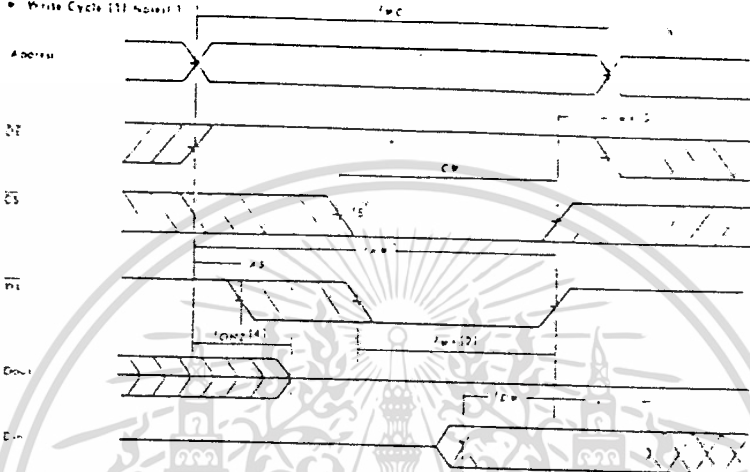
| Item | Symbol | HM6116P 2 | | HM6116P 3 | | HM6116P 4 | | Unit |
|------------------------------------|------------------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|------|
| | | min | max | min | max | min | max | |
| Read Cycle Time | t _{AC} | 120 | - | 150 | - | 200 | - | ns |
| Address Access Time | t _{AA} | - | 120 | - | 150 | - | 200 | ns |
| Chip Select Access Time | t _{ACS} | - | 120 | - | 150 | - | 200 | ns |
| Chip Selection to Output in Low Z | t _{ELZ} | 10 | - | 15 | - | 15 | - | ns |
| Output Enables to Output Value | t _{OE} | - | 80 | - | 100 | - | 120 | ns |
| Output Enables to Output in Low Z | t _{OLZ} | 10 | - | 15 | - | 15 | - | ns |
| Chip Selection to Output in High Z | t _{CHZ} | 0 | 60 | 0 | 50 | 0 | 60 | ns |
| Chip Disable to Output in High Z | t _{CHZ} | 0 | 60 | 0 | 50 | 0 | 60 | ns |
| Output Hold from Address Change | t _{OH} | 10 | - | 15 | - | 15 | - | ns |

● WRITE CYCLE

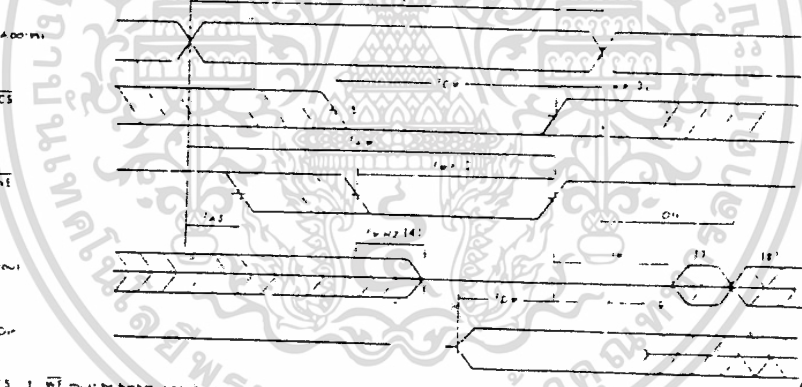
| Item | Symbol | HM6116P 2 | | HM6116P 3 | | HM6116P 4 | | Unit |
|------------------------------------|------------------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|------|
| | | min | typ | min | max | min | max | |
| Write Cycle Time | t _{WC} | 120 | - | 150 | - | 200 | - | ns |
| Chip Selection to End of Write | t _{CSW} | 70 | - | 80 | - | 120 | - | ns |
| Address Valid to End of Write | t _{AW} | 106 | - | 120 | - | 160 | - | ns |
| Address Set Up Time* | t _{AS} | 20 | - | 20 | - | 20 | - | ns |
| Write Pulse Width | t _{WP} | 70 | - | 80 | - | 120 | - | ns |
| Write Recovery Time | t _{WR} | 5 | - | 10 | - | 10 | - | ns |
| Output Disable to Output in High Z | t _{OHZ} | 0 | 60 | 0 | 50 | 0 | 60 | ns |
| Write to Output in High Z | t _{WHZ} | 0 | 80 | 0 | 80 | 0 | 80 | ns |
| Data to Write Time Overlap | t _{OW} | 35 | - | 40 | - | 60 | - | ns |
| Data Hold from Write Time | t _{OH} | 5 | - | 10 | - | 10 | - | ns |
| Output Active from End of Write | t _{OW} | 5 | - | 10 | - | 10 | - | ns |

• TIMING WAVEFORM

• Write Cycle (1) Address 1



• Write Cycle (2) Address 1 0



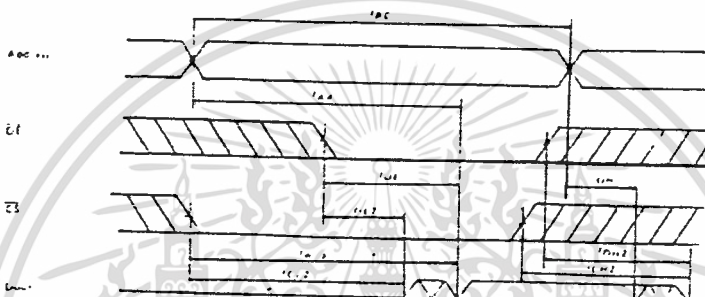
- NOTES
- 1 WE must be high during address transitions
 - 2 A write occurs during the overlap of WE going low, CE and a low WE
 - 3 tAA is measured from the edge of CE or WE going high to the end of write cycle
 - 4 During this period 1/0 pins are in the output state so that the input signals of both are phase to the output, must not be assumed
 - 5 If the CE low transition occurs simultaneously with the WE low transition, the WE transition must occur first
 - 6 CE is continuously low (OE = 1) 1
 - 7 DQout is the same phase of WE data of this write cycle
 - 8 DQin is the rec of a 0 or 1 address
 - 9 If CE is low during this period 1/0 pins are in the output state. If the data input signal of both is phase to the output, must not be assumed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• CAPACITANCE $C_p = 1000$, $T_c = 25^\circ C$

| Symbol | Unit | Symbol | Test Conditions | Min | Max | Typ |
|------------------------|------|----------|-----------------|-----|-----|-----|
| t_{AC1} (Setup time) | ns | C_{in} | $V_{in} = 0V$ | 3 | 5 | 4.7 |
| t_{AC2} (Hold time) | ns | C_{in} | $V_{in} = 0V$ | 5 | 7 | 6.4 |

• Read Cycle (1) Access 1 & 5



• Read Cycle (2) Access 1, 2 & 5



• Read Cycle (3) Access 1, 3 & 5



- NOTES
1. \overline{CE} is high for Read Cycle
 2. Device is continuously accessed $\overline{CS} = P16$
 3. Address Valid prior to or coincident with \overline{CS} transition Low
 4. $\overline{CE} = P16$
 5. When \overline{CS} is Low, the address input must not be in the high impedance state

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

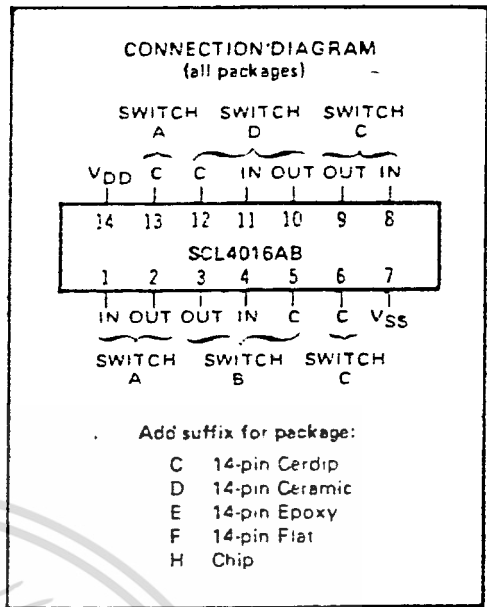


FEATURES

- ◆ Wide Range of Digital and Analog Signal Levels - Digital or Analog Signals to 18 Volts peak
- ◆ Low ON Resistance - 200 Ω typ. over 15Vp-p Signal Input Range, @ 15Vdc
- ◆ Matched Switch Characteristics - 10Ω typ. Difference between RON Values at a Fixed Bias Point over 15Vp-p Signal Input Range @ 15Vdc
- ◆ High On/Off Output Voltage Ratio - 65 dB typ. @ $f_{is} = 10\text{kHz}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$
- ◆ High degree of Linearity - $\leq 0.4\%$ Distortion typ. @ $f_{is} = 1\text{kHz}$, $V_{is} = 5\text{Vp-p}$, $V_{DD} - V_{SS} \geq 10\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$
- ◆ Extremely Low OFF Switch Leakage Resulting in Very Low Offset Current and High Effective OFF resistance - 10pA typ. @ $V_{DD} - V_{SS} = 10\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$
- ◆ Extremely High Control Input Impedance (Control Circuit Isolated from Signal Circuit) - $10^{12}\Omega$ typ.
- ◆ Low Crosstalk between Switches - -50dB typ. @ $f_{is} = 0.9\text{MHz}$, $R_L = 1\text{k}\Omega$
- ◆ Matched Control-Input to Signal-Output Capacitances - Reduces Output Signal Transients
- ◆ Transmits Frequencies up to 40MHz

DESCRIPTION

The SCL4016AB is a single-chip monolithic silicon integrated circuit containing eight N-channel and eight P-channel enhancement-mode MOS transistors connected to form four independent bilateral signal switches. Each switch consists of both P- and N-channel devices with common source and drain connections. A single control signal is required per switch. Both P and N devices in a given switch are biased ON or OFF by the control signal. The CMOS switch permits peak input-signal voltage swings equal to the full supply voltage, a considerable advantage over single-channel types.

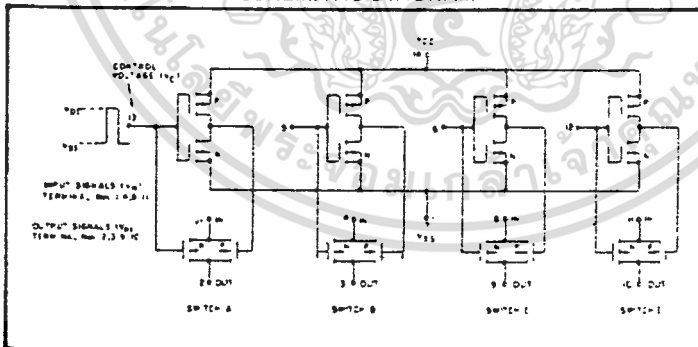


RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

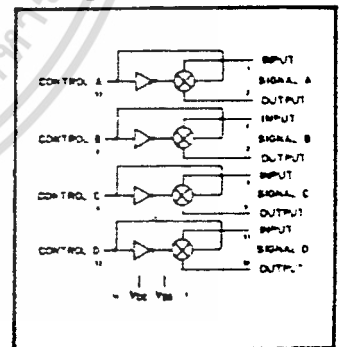
For maximum reliability:

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

SCHEMATIC DIAGRAM



LOGIC DIAGRAM



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS^{1,2}

| PARAMETER | CONDITIONS | V _{SS} (Vdc) | V _{DD} (Vdc) | T _{LOW} ³ | | 25°C | | | | T _{HIGH} ³ | | Units | |
|---|--|---|--------------------------|-------------------------------|------|------|--------|------|------|--------------------------------|---|-------|---|
| | | | | Min. | Max. | Min. | Typ. | Max. | Min. | Max. | | | |
| DISEASED DEVICE CURRENT I _{DD} | V _{in} = V _{SS} or V _{DD} All static input combinations | 0 | 5 | - | 0.05 | - | 0.0005 | 0.05 | - | 1.5 | - | μAoc | |
| | | 0 | 10 | - | 0.1 | - | 0.001 | 0.1 | - | 3.0 | - | | |
| | | 0 | 15 | - | 0.2 | - | 0.002 | 0.2 | - | 6.0 | - | | |
| MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE (Control Input) | V _{IS} = V _{SS} V _{OS} = V _{DD} I _{CS} = 10μA | 0 | 5 | - | 2.5 | - | 1.5 | 2.9 | - | 2.4 | - | Vdc | |
| | | 0 | 10 | - | 2.9 | - | 1.5 | 2.7 | - | 2.4 | - | | |
| | | 0 | 15 | - | 2.9 | - | 1.5 | 2.7 | - | 2.4 | - | | |
| MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE (Control Input) | V _{IS} = V _{SS} V _{OS} = V _{DD} I _{CS} = 10μA | 0 | 5 | 0.5 | - | 0.7 | 1.5 | - | 0.4 | - | - | Vdc | |
| | | 0 | 10 | 0.9 | - | 0.7 | 1.5 | - | 0.4 | - | - | | |
| | | 0 | 15 | 0.9 | - | 0.7 | 1.5 | - | 0.4 | - | - | | |
| SWITCH INPUT/OUTPUT LEAKAGE (Switch off) | I _{OFF} | V _C = V _{SS} | V _{IF} | | | | | | | | | | |
| ON-RESISTANCE C, D, F, H device | R _{ON} | V _C = V _{DD} R _L = 10kΩ | V _{IS} (Vdc) | | | | | | | | | | |
| | | | +7.5 | -7.5 | +7.5 | - | 360 | - | 200 | 400 | - | 600 | Ω |
| | | | -7.5 | - | - | - | 360 | - | 200 | 400 | - | 600 | Ω |
| | | | ±0.25 | - | - | - | 775 | - | 280 | 850 | - | 1230 | Ω |
| | | | +5 | -5 | +5 | - | 800 | - | 250 | 660 | - | 960 | Ω |
| | | | -5 | - | - | - | 600 | - | 250 | 660 | - | 960 | Ω |
| | | | ±0.25 | - | - | - | 170 | - | 580 | 2000 | - | 2600 | Ω |
| | | | +15 | 0 | +15 | - | 360 | - | 200 | 400 | - | 600 | Ω |
| | | | -0.25 | - | - | - | 360 | - | 200 | 400 | - | 600 | Ω |
| | | | -9.3 | - | - | - | 775 | - | 300 | 850 | - | 1230 | Ω |
| | | | +10 | 0 | +10 | - | 600 | - | 250 | 660 | - | 960 | Ω |
| | | | -0.25 | - | - | - | 600 | - | 250 | 660 | - | 960 | Ω |
| +5.6 | - | - | - | 1870 | - | 560 | 2000 | - | 2600 | Ω | | | |
| E device | R _{ON} | V _C = V _{DD} R _L = 10kΩ | V _{IS} (Vdc) | | | | | | | | | | |
| | | | +7.5 | -7.5 | +7.5 | - | 370 | - | 200 | 400 | - | 520 | Ω |
| | | | -7.5 | - | - | - | 370 | - | 200 | 400 | - | 520 | Ω |
| | | | ±0.25 | - | - | - | 790 | - | 260 | 850 | - | 1080 | Ω |
| | | | +5 | -5 | +5 | - | 610 | - | 250 | 660 | - | 840 | Ω |
| | | | -5 | - | - | - | 610 | - | 250 | 660 | - | 840 | Ω |
| | | | ±0.25 | - | - | - | 1900 | - | 580 | 2000 | - | 2380 | Ω |
| | | | +15 | 0 | +15 | - | 370 | - | 200 | 400 | - | 520 | Ω |
| | | | -0.25 | - | - | - | 370 | - | 200 | 400 | - | 520 | Ω |
| | | | -9.3 | - | - | - | 790 | - | 300 | 850 | - | 1080 | Ω |
| | | | +10 | 0 | +10 | - | 610 | - | 250 | 660 | - | 840 | Ω |
| | | | -0.25 | - | - | - | 610 | - | 250 | 660 | - | 840 | Ω |
| +5.6 | - | - | - | 1900 | - | 560 | 2000 | - | 2380 | Ω | | | |
| ON-RESISTANCE MATCH (Same package) | ΔR _{ON} | V _C = V _{DD} R _L = 10kΩ | V _{IS} (Vdc) | | | | | | | | | | |
| | | | +7.5 | -7.5 | +7.5 | - | - | - | 10 | - | - | Ω | |
| | | | ±5 | -5 | +5 | - | - | - | 15 | - | - | Ω | |

NOTES ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000E 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 = 50 pF, T_A = 25°C)

| PARAMETER | CONDITIONS | V _{SS} (Vdc) | V _{DD} (Vdc) | Min. | Typ. | Max. | UNIT | |
|---|--|--------------------------|--------------------------|------|------|------|------|---|
| SIGNAL INPUTS (V _{IS}) AND OUTPUTS (V _{OS}) | | | | | | | | |
| PROPAGATION DELAY TIME Signal input to signal output | t _{PLH} , t _{PHL} V _C = V _{DD} V _{IS} = square wave R _L = 10kΩ | 0 | 5 | - | 20 | 40 | ns | |
| | | 0 | 10 | - | 10 | 20 | | |
| | | 0 | 15 | - | 7.5 | 15 | | |
| BANDWIDTH (-3dB) (Sine Wave) | BW V _C = V _{DD} V _{IS} = 5V _{pp} centered @0.0Vdc | R _L | | | | | MHz | |
| | | 1kΩ | -5 | -5 | - | 54 | | - |
| | | 10kΩ | - | - | - | 40 | | - |
| | | 100kΩ | - | - | - | 35 | | - |
| | | 1MΩ | - | - | - | 37 | | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, T_L = 25 °C) (Continued)

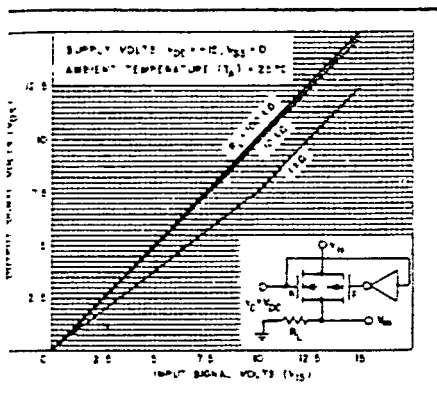
| PARAMETER | CONDITIONS | V _{CC} (V) | V _{CEM} (V) | Min | Typ | Max | Units |
|--|---|----------------------------------|----------------------|-----|-----|------------------|-------|
| SIGNAL INPUTS (V _{IS}) AND OUTPUTS (V _O) (Continued) | | | | | | | |
| INSEPTION LOSS | | | | | | | |
| 20log V _{IS} /V _O | V _C = V _{CC} V _{IS} = 5V _{CC} centered 80 DVcc | 5 | -5 | - | 0.5 | 0 | dB |
| SIGNAL DISTORTION (500 Wave) | | | | | | | |
| | V _C = V _{CC} V _{IS} = 5V _{CC} centered 80 DVcc f _i = 10kHz R _L = 10Ω | | -5 | | 0.4 | | % |
| FEEDTHROUGH (500B) | | | | | | | |
| | V _C = V _{CC} V _{IS} = 5V _{CC} centered 80 DVcc | R _L | -5 | +5 | | 1250 120 7 | μV |
| CROSSTALK (500B) (Between two switches) | | | | | | | |
| | V _C (A) = V _{CC} V _C (B) = V _{SS} V _{IS} (A) = 5V _{CC} centered 80 DVcc R _L = 10Ω | 5 | -5 | | 0.6 | | MHz |
| CAPACITANCE | | | | | | | |
| Input | C _{IS} | | | | | 4 | pf |
| Output | C _{OS} | V _C = V _{CC} | | | | 4 | pf |
| Feedthrough | C _{IOS} | | | | | 0.2 | pf |
| CONTROL INPUT (V _C) | | | | | | | |
| PROPAGATION DELAY TIME | | | | | | | |
| Turn on | t _{PLH} V _{CC} < V _{IS} < V _{CC} R _L = 10Ω | 0 | 5 | | 40 | 80 | ns |
| | | 0 | 10 | | 20 | 40 | |
| | | 0 | 15 | | 15 | 30 | |
| MAXIMUM INPUT FREQUENCY | | | | | | | |
| f _C | V _{CC} < V _{IS} < V _{CC} R _L = 10Ω | 0 | 5 | | 5 | | MHz |
| | | 0 | 10 | | 10 | | |
| | | 0 | 15 | | 12 | | |
| CROSSTALK (To signal port) | | | | | | | |
| | V _C = Square wave R _L = 10Ω R _{IN} = 1.0Ω | 0 | 5 | | 30 | | μV |
| | | 0 | 10 | | 50 | | |
| | | 0 | 15 | | 100 | | |

TYPICAL ON-RESISTANCE CHARACTERISTICS

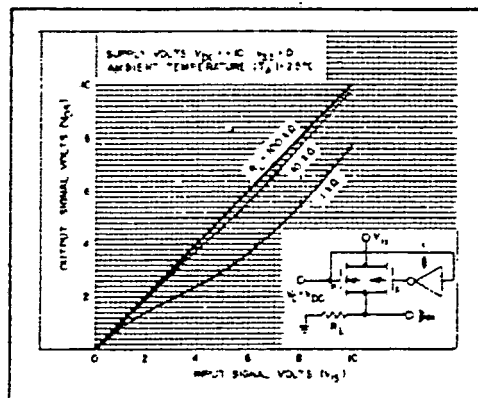
| CHARAC. TERISTIC | SUPPLY CONDITIONS | | LOAD CONDITIONS | | | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------|---------------------|-----|-------|
| | V _{DC} (V) | V _{ES} (V) | R _L = 100Ω | | | | | |
| | | | VALUE (Ω) | V _{th} (V) | VALUE (Ω) | V _{th} (V) | | |
| R _{ON} | -15 | 0 | 200 | +15 | 200 | +15 | 180 | +15 |
| | | | 250 | 0 | 200 | 0 | 200 | 0 |
| R _{ON(max)} | +15 | 0 | 300 | +11 | 300 | +9.3 | 320 | +9.2 |
| | | | 290 | 0 | 250 | 0 | 240 | +10 |
| R _{ON} | +10 | 0 | 290 | +10 | 250 | +10 | 240 | +10 |
| | | | 290 | 0 | 250 | 0 | 300 | 0 |
| R _{ON(max)} | +10 | 0 | 500 | +7.8 | 580 | +6.6 | 610 | +5.5 |
| | | | 800 | +5 | 470 | +5 | 450 | +5 |
| R _{ON} | +5 | 0 | 800 | 0 | 580 | 0 | 800 | 0 |
| | | | 170 | +4.2 | 70 | +2.9 | 33 | +2.7 |
| R _{ON(max)} | +5 | 0 | 200 | +7.5 | 200 | +7.5 | 180 | +7.5 |
| | | | 200 | -7.5 | 200 | -7.5 | 180 | -7.5 |
| R _{ON} | -7.5 | -7.5 | 290 | +0.25 | 280 | +2.5 | 400 | +0.25 |
| | | | 280 | -5 | 250 | -5 | 240 | -5 |
| R _{ON} | +5 | -5 | 310 | -5 | 250 | -5 | 240 | -5 |
| | | | 800 | +0.25 | 580 | +0.25 | 760 | +0.25 |
| R _{ON(max)} | +5 | -5 | 590 | +2.5 | 450 | +2.5 | 490 | +2.5 |
| | | | 770 | -2.5 | 520 | -2.5 | 520 | -2.5 |
| R _{ON} | -2.5 | -2.5 | 227 | +0.25 | 300 | +0.25 | 670 | +0.25 |
| | | | 227 | -0.25 | 300 | -0.25 | 670 | -0.25 |

* V_{th} is the voltage across the load when R_{ON} = 0Ω.

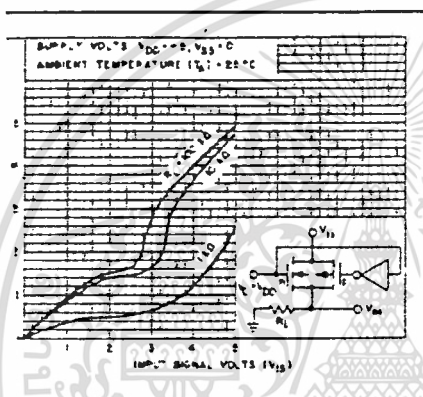
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



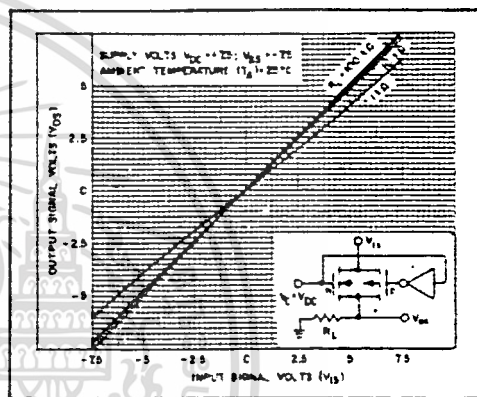
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+15V$, $V_{SS}=0V$



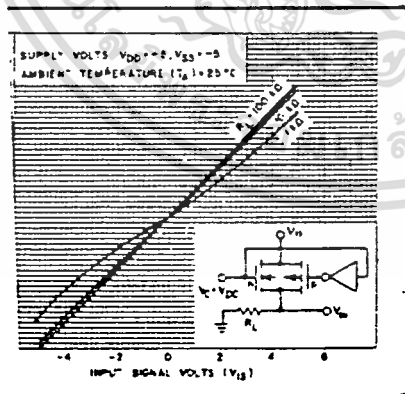
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+10V$, $V_{SS}=0V$



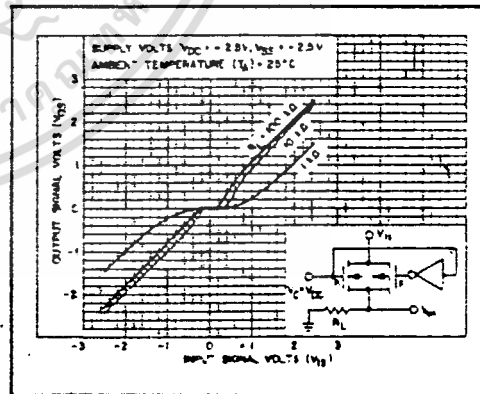
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+5V$, $V_{SS}=0V$



Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+7.5V$, $V_{SS}=-7.5V$



Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+5V$, $V_{SS}=-5V$



Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+2.5V$, $V_{SS}=-2.5V$

| | Schottky TTL | | | | High-Speed TTL | | | | Low-Power Schottky TTL | | | | Standard TTL | | | | Low-Power TTL | | | |
|------------|--------------|---------|---|---|----------------|---------|---|---|------------------------|---------|---|---|--------------|---------|---|---|---------------|---------|---|--|
| | Device Type | Package | | | Device Type | Package | | | Device Type | Package | | | Device Type | Package | | | Device Type | Package | | |
| | | C | P | M | C | P | M | C | P | M | C | P | M | C | P | M | C | P | M | |
| T.I. | SN74LS04 | | | | SN74S04 | | | | SN74ALS04 | | | | SN7404 | | | | SN74L04 | | | |
| FAIRCHILD | F074LS04 | | | | F074S04 | | | | F074ALS04 | | | | F07404 | | | | F074L04 | | | |
| MOTOROLA | MC74LS04 | | | | MC74S04 | | | | MC74ALS04 | | | | MC7404 | | | | MC74L04 | | | |
| N.S.C. | DM74LS04 | | | | DM74S04 | | | | DM74ALS04 | | | | DM7404 | | | | DM74L04 | | | |
| PHILIPS | 74LS04 | | | | 74S04 | | | | 74ALS04 | | | | 7404 | | | | 74L04 | | | |
| SIGNETICS | SN74LS04 | | | | SN74S04 | | | | SN74ALS04 | | | | SN7404 | | | | SN74L04 | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | 6N7404 | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | MB7404 | | | | | | | |
| HITACHI | H74LS04 | | | | H74S04 | | | | H74ALS04 | | | | H7404 | | | | H74L04 | | | |
| MITSUBISHI | M74LS04 | | | | M74S04 | | | | M74ALS04 | | | | M7404 | | | | M74L04 | | | |
| NEC | 74LS04 | | | | 74S04 | | | | 74ALS04 | | | | 7404 | | | | 74L04 | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | 6B7404 | | | | | | | |

Electrical Characteristics SN54LS04 SN74LS04
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|--|-----|--------------------------------------|----------|--------------|
| Supply voltage V _{CC} | 7.5 | Operating free-air temperature range | SN54LS04 | -55 to 125°C |
| Input voltage | 7.5 | Storage temperature range | SN74LS04 | -55 to 150°C |
| E output short-circuit range: -55°C to 150°C | | | | |

recommended operating conditions

| Supply voltage V _{CC} | SN54LS04 | | | SN74LS04 | | | LIMIT |
|--|----------|-----|------|----------|------|------|-------|
| | MIN | MAX | UNIT | MIN | MAX | UNIT | |
| 5.0 | 4.5 | 5.5 | V | 4.75 | 5.25 | V | |
| High-level output current I _{OH} | -400 | | μA | -400 | | μA | |
| Low-level output current I _{OL} | 4 | | mA | 4 | | mA | |
| Output rise and fall times t _r , t _f | 50 | 25 | ns | 0 | 22 | ns | |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|---|--|-----|-----|-----|------|
| V _{OH} High-level output voltage | V _{CC} = MIN, I _{OH} = -15mA | 2.7 | 3.4 | | V |
| V _{OL} Low-level output voltage | V _{CC} = MIN, I _{OL} = 20mA | 0.4 | | | V |
| I _{OH} High-level output current | V _{CC} = MAX, V _{OL} = 2.0V | | | 20 | mA |
| I _{OL} Low-level output current | V _{CC} = MAX, V _{OH} = 0.4V | | | 20 | mA |
| I _{CC} Short-circuit output current | V _{CC} = MAX, I _{OL} = 20mA | | | 100 | mA |
| I _{CC1} Supply current | V _{CC} = MAX, 100% DUTY CYCLE | | 1.2 | 2.4 | mA |
| I _{CC2} Supply current | V _{CC} = MAX, 50% DUTY CYCLE | | 0.6 | 1.2 | mA |
| t _{PLH} Propagation delay time (low-to-high) | V _{CC} = 5V, T _A = 25°C, C _L = 15pF | | 9 | 15 | ns |
| t _{PLL} Propagation delay time (high-to-low) | V _{CC} = 5V, T _A = 25°C, C _L = 15pF | | 10 | 15 | ns |

Pin Assignments (Top View)

Schematics (each gate)

Input clamp diodes on SN54LS04/74LS04 circuits

Resistor values shown are nominal and in ohms.

* For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
 † A: 1 type of values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
 ‡ No more than one output should be shorted at a time and for SN54LS04/74LS04 and SN54ALS04/74ALS04, duration of short-circuit should not exceed 1 second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5408/7408 Quaduple 2-Input Positive-AND Gate

| | Schottky TTL | | High-Speed TTL | | Low-Power Schottky TTL | | Standard TTL | | Low-Power TTL | |
|------------|------------------|---------------------|----------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------|---------------------|---------------|---------------------|
| | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C P M CF |
| T.I. | SN5408 SN7408 | | | | SN54LS08 SN74LS08 | | SN5408 SN7408 | | | |
| FAIRCHILD | 7408 7408 | | 7408 7408 | | 74LS08 74LS08 | | 7408 7408 | | | |
| MOTOROLA | | | 7408 7408 | | 74LS08 74LS08 | | 7408 7408 | | | |
| N.S.C. | | | 7408 7408 | | 74LS08 74LS08 | | 7408 7408 | | | |
| PHILIPS | | | 7408 7408 | | 74LS08 74LS08 | | 7408 7408 | | | |
| SIGNETICS | | | 7408 7408 | | 74LS08 74LS08 | | 7408 7408 | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | 74LS08 | | | | | |
| HITACHI | | | | | 74LS08 | | | | | |
| mitsubishi | | | | | 74LS08 | | | | | |
| NEC | | | | | 74LS08 | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | 74LS08 | | | | | |

Electrical Characteristics SN54LS08 SN74LS08

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------|--------------|
| Supply voltage V _{CC} | 7V | Operating power dissipation | SN54LS | -85° to 125° |
| Input voltage | 7V | Temperature range | SN74LS | 0° to 70° |
| Storage temperature range | -55° to 150° | Storage temperature range | | -85° to 150° |

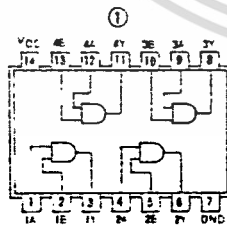
recommended operating conditions

| | SN54LS08 | | | SN74LS08 | | | UNIT |
|--|----------|-----|-----|----------|-----|------|------|
| | MIN | MAX | MAX | MIN | MAX | MAX | |
| Supply voltage V _{CC} | 4.5 | 5.5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| Maximum output current I _{OL} | | -80 | | | -80 | | mA |
| Maximum output current I _{OH} | | 4 | | | 4 | | mA |
| Operating temperature range T _A | -55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

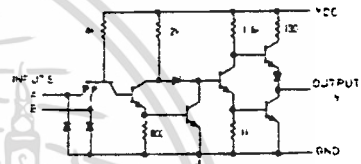
| PARAMETER | TEST CONDITIONS ¹ | MIN | TYP ² | MAX | UNIT | |
|------------------|--|---|------------------|------|------|----|
| V _{IH} | High-level input voltage | | 2 | | V | |
| V _{IL} | Low-level input voltage | | 0.8 | | V | |
| V _I | Input clamp voltage | V _{CC} =MIN, I _I =-18mA | | -1.5 | V | |
| V _{OH} | High-level output voltage | V _{CC} =MIN, V _{IL} =2V, I _{OL} =MAX | 2.7 | 3.4 | V | |
| V _{OL} | Low-level output voltage | V _{CC} =MIN, V _{IH} =2V, I _{OH} =4mA | 0.25 | 0.4 | V | |
| I _I | Input current @ maximum input voltage | V _{CC} =MAX, V _I =7V | | 0.1 | mA | |
| I _{IH} | High-level input current | V _{CC} =MAX, V _{IH} =2.7V | | 20 | μA | |
| I _{IL} | Low-level input current | V _{CC} =MAX, V _{IL} =0.8V | | -0.8 | mA | |
| I _{OS} | Short-circuit output current ³ | V _{CC} =MAX | | -100 | mA | |
| I _{OH} | Supply current | V _{CC} =MAX Total outputs high Total outputs low | | 2.4 | 4.8 | |
| I _{CC} | Supply current | | | 4.4 | 8.8 | mA |
| I _{CC} | Supply current | V _{CC} =5V, Average per gate (50% duty cycle) | | 0.85 | mA | |
| t _{PLH} | Propagation delay time, low-to-high-level output | V _{CC} =5V, T _A =25°C, C _L =150pF, R _L =2kΩ | | 8 | 15 | ns |
| t _{PHL} | Propagation delay time, high-to-low-level output | | | 10 | 20 | ns |

Pin Assignment (Top View)

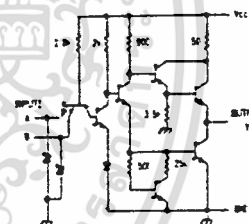


positive logic:
Y=AB

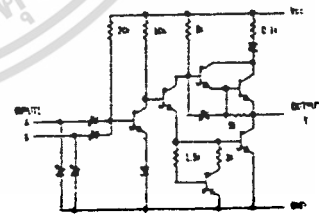
Schematics (each gate)



TO-18 CIRCUIT



DIP CIRCUIT



DIP CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

¹ For conditions shown as MIN or MAX, use the absolute values specified under recommended operating conditions.
² All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
³ No more than one output should be shorted at a time, and for SN5408/SN7408, duration of output short circuit should not exceed one second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5409/7409 Quaduple 2-Input Positive-AND Gate with Open-Collector Output

| | Schottky TTL | | | High-Speed TTL | | | Low-Power Schottky TTL | | | Standard TTL | | | Low-Power TTL | | |
|------------|--------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|---------------|-----------------------|--|
| | Device Type | Package C P M IC F | Device Type | Package C P M IC F | Device Type | Package C P M IC F | Device Type | Package C P M IC F | Device Type | Package C P M IC F | Device Type | Package C P M IC F | Device Type | Package C P M IC F | |
| T.I. | SN54S09 | IC | SN74S09 | IC | SN54LS09 | IC | SN74LS09 | IC | SN5409 | IC | SN7409 | IC | | | |
| FAIRCHILD | SN74S09 | IC | SN74LS09 | IC | SN74S09 | IC | SN74LS09 | IC | SN7409 | IC | SN7409 | IC | | | |
| MOTOROLA | | | | | MC74LS09 | IC | MC7409 | IC | | | | | | | |
| N.S.C. | | | | | DM74LS09 | IC | DM7409 | IC | DM7409 | IC | DM7409 | IC | DM7409 | IC | |
| PHILIPS | N74S09 | IC | N74LS09 | IC | N74S09 | IC | N7409 | IC | | | | | | | |
| SIGNETICS | N74S09 | IC | N74LS09 | IC | N74S09 | IC | N7409 | IC | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | FL4391 | IC | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | HC74LS09 | IC | HC7409 / HC7551 | IC | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | M74LS09 | IC | M7409 | IC | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | MS7409 | IC | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | TC7409A | IC | | | | | | | |

Electrical Characteristics SN54LS09 SN74LS09
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|-------------------------|------|--------------------------------------|----------|----------------|
| Supply voltage V_{CC} | 7V | Operating free-air temperature range | SN54LS09 | -55°C to 125°C |
| High voltage | 7V | Storage temperature range | SN74LS09 | 0°C to 100°C |
| Maximum IC voltage | 7.5V | Storage temperature range | | -65°C to 150°C |

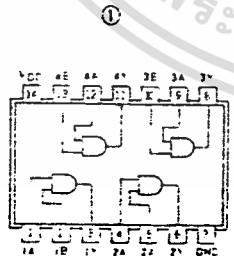
recommended operating conditions

| SN54LS09 | SN74LS09 | | | | | | UNIT |
|--------------------------------------|----------|-----|-----|------|-----|------|------|
| | MIN | NCM | MAX | MIN | NCM | MAX | |
| Supply voltage V_{CC} | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| High-level output voltage V_{OH} | | | 5.3 | | | 5.1 | V |
| Low-level output current I_{OL} | | | 4 | | | 8 | mA |
| Operating free-air temperature T_A | -55 | | 125 | 0 | | 75 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

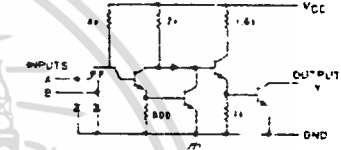
| PARAMETER | TEST CONDITIONS* | MIN | TYP | MAX | UNIT | |
|--|---|-----------------------------------|------|------|---------------|----|
| V_{OH} High-level input voltage | | | 2 | | V | |
| V_{OL} Low-level input voltage | | | | 0.8 | V | |
| V_I Input clamp voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -10 \text{ mA}$ | | | -1.5 | V | |
| I_{OH} High-level output current | $V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{OL} = 5 \text{ V}$, $I_O = 5 \text{ mA}$ | | | 100 | μA | |
| V_{OL} Low-level output voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IL} = V_{IL \text{ max}}$, $I_{OL} = 5 \text{ mA}$ | 0.25 | 0.4 | | V | |
| I_I Input current at maximum input voltage | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 7 \text{ V}$ | | 0.1 | | mA | |
| I_{IH} High-level input current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$ | | 20 | | μA | |
| I_{IL} Low-level input current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IL} = 0.4 \text{ V}$ | | -0.6 | | mA | |
| I_{CCS} Supply current | $V_{CC} = \text{MAX}$ | Total, outputs high | | 2.4 | 4.8 | mA |
| I_{CCL} Supply current | $V_{CC} = \text{MAX}$ | Total, outputs low | | 4.4 | 8.2 | mA |
| I_{CC} Supply current | $V_{CC} = 5 \text{ V}$ | Average per gate (50% duty cycle) | | 0.65 | | mA |
| t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output | $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 10 \text{ pF}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ | | 20 | 35 | ns | |
| t_{PLL} Propagation delay time, high-to-low-level output | $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 10 \text{ pF}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ | | 17 | 31 | ns | |

Pin Assignment (Top View)

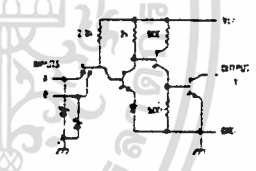


positive logic
* = A-B

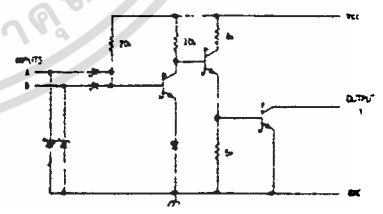
Schematics (each gate)



SN54LS09 CIRCUIT



SN74LS09 CIRCUIT



SN5409 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms

* For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
§A: typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

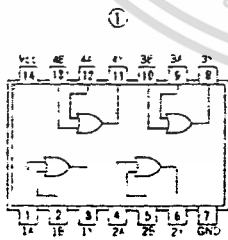
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5432/7432 Quadruple 2-Input Positive-OR Gate

| | Schottky TTL | | | High-Speed TTL | | | Low-Power Schottky TTL | | | Standard TTL | | | Low-Power TTL | | |
|------------|--------------|---------|---|----------------|---------|--|------------------------|---------|---|--------------|---------|--------|---------------|---------|----|
| | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | |
| | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF | | C | P | M | CF |
| T.I. | SN54532 | UC | | PC | | | SN54LS32 | UC | | WC | | SN5432 | UC | | WC |
| | SN74LS32 | UC | | MS | | | SN74LS32 | UC | | MS | | SN7432 | UC | | MS |
| FAIRCHILD | 74ALS32 | UC | | MS | | | 74ALS32 | UC | | MS | | 7432 | UC | | MS |
| | 74ALS32 | UC | | MS | | | 74ALS32 | UC | | MS | | 7432 | UC | | MS |
| MOTOROLA | | | | | | | SN74LS32 | UC | | MS | | | | | |
| N.S.C. | | | | | | | DM74LS32 | UC | | MS | | DM5432 | UC | | MS |
| | | | | | | | DM54LS32 | UC | | MS | | DM7432 | UC | | MS |
| PHILIPS | 74LS32 | UC | | | | | 74LS32 | UC | | | | 7432 | UC | | |
| SIGNETICS | | | | | | | | | | | | SM42 | UC | | MS |
| | | | | | | | | | | | | SM42 | UC | | MS |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | FL4631 | UC | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | HT74LS32 | UC | | MS | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | MS3LS32 | UC | | MS | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 74LS32 | UC | | MS | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | |

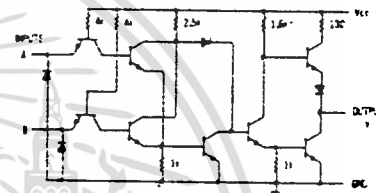
| Electrical Characteristics SN54LS32 SN74LS32 | | | | | | |
|--|--|---------------------------|---------|--------------|----------|---------|
| absolute maximum ratings over operating free-air temperature range | | | | | | |
| supply voltage V_{CC} | 7V | Duration: non-repetitive | SN54LS | -8V to +12V | | |
| max. power | 7W | Storage temperature range | SN74LS | -65 to 150°C | | |
| recommended operating conditions | | | | | | |
| SN54LS32 | | | | | | |
| supply voltage V_{CC} | MIN 4.5 | NOM 5 | MAX 5.5 | MIN 4.75 | MAX 5.25 | |
| high-level output current I_{OH} | | | -40 | -40 | | |
| low-level output current I_{OL} | | | 4 | 4 | | |
| Operating temperature T_a | -55 | | 125 | 0 | | |
| electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range | | | | | | |
| PARAMETER | TEST CONDITIONS 1 | | MIN | TYP 2 | MAX | UNIT |
| V_{IH} | High-level input voltage | | 2 | | | V |
| V_{IL} | Low-level input voltage | | 0.8 | | | V |
| V_I | Input clamp voltage | | -1.5 | | | V |
| V_{OH} | High-level output voltage | | 2.7 | 3.4 | 4 | V |
| V_{OL} | Low-level output voltage | | 0.25 | 0.4 | 0.5 | V |
| I_{I1} | Input current at maximum input voltage | | 0.1 | | | mA |
| I_{IH} | High-level input current | | 20 | | | μ A |
| I_{IL} | Low-level input current | | -0.4 | | | mA |
| I_{OS} | Short-circuit output current 3 | | -10 | | | mA |
| I_{CC1} | Supply current | | 1 | | | mA |
| I_{CC2} | Supply current | | 1.5 | | | mA |
| I_{CC3} | Supply current | | 1.0 | | | mA |
| t_{PLH} | Propagation delay time, low-to-high output | | 14 | 22 | 25 | ns |
| t_{PHL} | Propagation delay time, high-to-low output | | 14 | 22 | 25 | ns |

Pin Assignment (Top View)

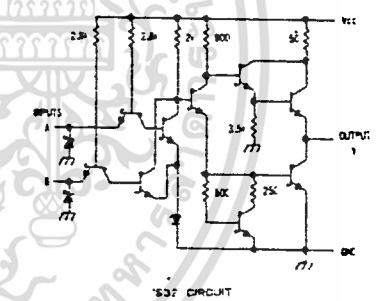


positive logic
A = 1, B = 0

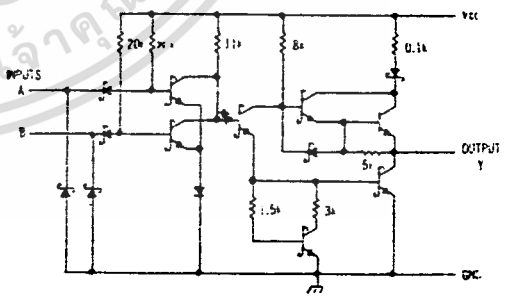
Schematics (each gate)



5432 CIRCUIT



7432 CIRCUIT



7432 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms

1: Test conditions shown at MIN or MAX use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
2: Typical values at $V_{CC} = 5V$, $T_a = 25^\circ C$.
3: Max. value for one output shorted to another at 1:1 time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5475/7475 4-Bit Bistable Latch

| | Schottky TTL | | | High-Speed TTL | | | Low-Power Schottky TTL | | | Standard TTL | | | Low-Power TTL | | | |
|------------|--------------|---------|---|----------------|---------|---|------------------------|---------|--|--------------|---------|-----|---------------|---------|---|-----|
| | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | |
| | | C | P | MCF | | C | P | MCF | | C | P | MCF | | C | P | MCF |
| T.I. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FAIRCHILD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N.S.C. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PHILIPS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SGNEMATICS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HTACH | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MTSUBISHI | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | | |

Electrical Characteristics SN54LS75/SN74LS75

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|-------------------------------------|------|---------------------------|----------|----------------|
| Supply voltage V_{CC} | 7V | Operating temperature | SN54LS75 | -55°C to 125°C |
| Input voltage | 5.5V | temperature range | SN74LS75 | 0°C to 70°C |
| Input pin to voltage range V_{IO} | 5.5V | Storage temperature range | | -65°C to 150°C |

recommended operating conditions

| | SN54LS75 | | | SN74LS75 | | | UNIT |
|-----------------------------------|----------|-----|-----|----------|-----|------|------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| Supply voltage V_{CC} | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| Maximum output current I_{OL} | -400 | | | -400 | | | mA |
| Low-level output current I_{OL} | -4 | | | 8 | | | mA |
| Width of enabling pulse t_{EN} | 20 | | 20 | | | | nS |
| Gate hold time t_{GH} | 0 | | 1 | | | | nS |
| Setup time t_{SU} | 20 | | 20 | | | | nS |
| Operating temperature T_a | -55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER* | TEST CONDITIONS* | MIN | TYP† | MAX | UNIT | |
|------------|--|---|----------|------|---------------|----|
| V_{OH} | High-level input voltage | | 2 | | V | |
| V_{IH} | Low-level input voltage | | 0.8 | | V | |
| V_I | Input clamp voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$ $I_{II} = -18 \mu\text{A}$ | | -1.5 | V | |
| V_{OH} | High-level output voltage | $V_{CC} = \text{MAX}$ $V_I = 0 \text{ V}$ $I_{OH} = -400 \mu\text{A}$ | 2.7 | 3.2 | V | |
| V_{OL} | Low-level output voltage | $V_{CC} = \text{MAX}$ $V_I = 0 \text{ V}$ $I_{OL} = 8 \text{ mA}$ | 0.25 | 0.4 | V | |
| I_{II} | Input current at maximum input voltage | Output: $V_{CC} = \text{MAX}$ Input: $V_I = 7 \text{ V}$ | | 0.1 | mA | |
| I_{IH} | High-level input current | Output: $V_{CC} = \text{MAX}$ Input: $V_I = 2.7 \text{ V}$ | | 20 | μA | |
| I_{IL} | Low-level input current | Output: $V_{CC} = \text{MAX}$ Input: $V_I = 0.4 \text{ V}$ | | -0.8 | mA | |
| I_{OS} | Short-circuit output current | $V_{CC} = \text{MAX}$ | SN54LS75 | -20 | -100 | mA |
| | | | SN74LS75 | -20 | -100 | mA |
| I_{CC} | Supply current | $V_{CC} = \text{MAX}$ See Note 2 | SN54LS75 | 6.3 | 12 | mA |
| | | | SN74LS75 | 6.5 | 13 | mA |
| t_{PLH} | from C to output Q | $V_{CC} = 5 \text{ V}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$ $C_L = 15 \text{ pF}$ $F_L = 2 \text{ nD}$ | | 15 | 21 | nS |
| t_{PLL} | from C to output \bar{Q} | | | 8 | 7 | nS |
| t_{PHL} | from \bar{C} to output Q | | | 12 | 20 | nS |
| t_{PHL} | from \bar{C} to output \bar{Q} | | | 7 | 15 | nS |
| t_{PLH} | from G to output Q | | | 15 | 21 | nS |
| t_{PLH} | from G to output \bar{Q} | | | 14 | 25 | nS |
| t_{PLH} | from G to output \bar{Q} | | | 16 | 20 | nS |
| t_{PLH} | from G to output \bar{Q} | | | 7 | 15 | nS |

Pin Assignment (Top View)

FUNCTION TABLE
75/74LS75 (Each Latch)

| INPUTS | | OUTPUTS | |
|--------|---|-------------|-------------|
| C | D | Q | \bar{Q} |
| L | L | L | H |
| H | H | H | L |
| L | L | \bar{Q}_0 | \bar{Q}_0 |

H = high level, L = low level, X = irrelevant
 \bar{Q}_0 = the level of Q before the nonlatching transition of C

75/74LS75 4-BIT BISTABLE LATCH

ENABLE DATA

75/74LS75 4-BIT BISTABLE LATCH

NOTES: 1. This is the voltage between two outputs of a multiplexer in the input transition.
2. IC is tested with all inputs grounded and all outputs open.

† For conditions shown as MIN, MAX, see appropriate value specified under recommended operating conditions for the appropriate device type.
‡ 2.4 pF typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$.
* No more than one output should be shorted at a time.
† t_{PLH} propagation delay time low-to-high-level output.
‡ t_{PHL} propagation delay time high-to-low-level output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54121/74121 Monostable Multivibrator with Schmitt-Trigger Input

| | Schottky TTL | | | High-Speed TTL | | | Low-Power Schottky TTL | | | Standard TTL | | | Low-Power TTL | | |
|------------|--------------|---------|---|----------------|---------|---|------------------------|---------|---|--------------|---------|---|---------------|---------|---|
| | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | |
| | C | P | M | C | P | M | C | P | M | C | P | M | C | P | M |
| TI | | | | | | | | | | SN54121 | 16 | D | SN54121 | 16 | D |
| FAIRCHILD | | | | | | | | | | SN74121 | 16 | D | SN74121 | 16 | D |
| MOTOROLA | | | | | | | | | | MC54121 | 16 | D | MC74121 | 16 | D |
| N.S.C. | | | | | | | | | | DM54121 | 16 | D | DM74121 | 16 | D |
| PHILIPS | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIGNETICS | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | |

Electrical Characteristics SN54121 SN74121

| absolute maximum ratings over operating free-air temperature range | | | |
|--|------|------------------------|-----------------|
| Supply voltage V_{CC} | 7V | Operating voltage | 5.5V |
| Max. output current | 10mA | Storage temperature | -55°C to +125°C |
| Max. input current | 1mA | Max. power dissipation | 500mW |

recommended operating conditions

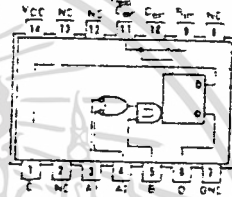
| PARAMETER | SN54121 | | SN74121 | | UNIT |
|------------------------------|---------|-----|---------|------|------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | |
| Supply voltage V_{CC} | 4.5 | 5 | 5.2 | 5.25 | V |
| Operating voltage V_{OH} | 4.5 | 5 | 5.2 | 5.25 | V |
| Operating voltage V_{OL} | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | V |
| Max. input current I_{IH} | 1 | 1 | 1 | 1 | mA |
| Max. output current I_{OH} | 10 | 10 | 10 | 10 | mA |
| Max. input current I_{IL} | 1 | 1 | 1 | 1 | mA |
| Max. output current I_{OL} | 10 | 10 | 10 | 10 | mA |
| Max. input current I_{IH} | 1 | 1 | 1 | 1 | mA |
| Max. output current I_{OH} | 10 | 10 | 10 | 10 | mA |
| Max. input current I_{IL} | 1 | 1 | 1 | 1 | mA |
| Max. output current I_{OL} | 10 | 10 | 10 | 10 | mA |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER | TEST CONDITIONS ¹ | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|---|--|------|------|------|------|
| V_T Positive-going threshold voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, A input | 1.4 | 2 | 2 | V |
| V_T Negative-going threshold voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, A input | 0.8 | 1.4 | 1.4 | V |
| V_T Positive-going threshold voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, B input | 1.55 | 2 | 2 | V |
| V_T Negative-going threshold voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, B input | 0.8 | 1.35 | 1.35 | V |
| V_I Input clamp voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -12\text{mA}$ | -1.5 | | | V |
| V_O High-level output voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OH} = \text{MAX}$ | 2.4 | 3.4 | 3.4 | V |
| V_{OL} Low-level output voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OL} = \text{MAX}$ | 0.2 | 0.4 | 0.4 | V |
| I_I Input current at maximum input voltage | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 5.5\text{V}$ | 1 | | | mA |
| I_{IH} High-level input current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 2.4\text{V}$ | AC | | | μA |
| I_{IH} High-level input current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.4\text{V}$ | BC | | | μA |
| I_{IL} Low-level input current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.4\text{V}$ | -1.6 | | | mA |
| I_{OS} Short-circuit output current ² | $V_{CC} = \text{MAX}$ | -20 | -55 | -55 | mA |
| I_{CC} Supply current | $V_{CC} = \text{MAX}$ | 10 | 25 | 25 | mA |
| t_{PLH} Propagator delay time, low-to-high-level O output from either A input | $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_T = 80\text{pF}$, $R_{int} \text{ to } V_{CC}$ | 35 | 55 | 55 | ns |
| t_{PLH} Propagator delay time, low-to-high-level O output from B input | $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_T = 80\text{pF}$, $R_{int} \text{ to } V_{CC}$ | 35 | 55 | 55 | ns |
| t_{PHL} Propagator delay time, high-to-low-level O output from either A input | $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_T = 80\text{pF}$, $R_{int} \text{ to } V_{CC}$ | 40 | 65 | 65 | ns |
| t_{PHL} Propagator delay time, high-to-low-level O output from B input | $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_T = 80\text{pF}$, $R_{int} \text{ to } V_{CC}$ | 40 | 65 | 65 | ns |
| $t_{w(on)}$ Pulse width obtained using external timing resistor | $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_T = 80\text{pF}$, $R_{int} \text{ to } V_{CC}$ | 70 | 110 | 150 | ns |
| $t_{w(off)}$ Pulse width obtained with zero timing capacitance | $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_T = 0$, $R_{int} \text{ to } V_{CC}$ | 30 | 50 | 50 | ns |
| $t_{w(on)}$ Pulse width obtained using external timing resistor | $C_T = 100\text{pF}$, $R_T = 10\text{k}\Omega$ | 600 | 700 | 800 | ns |
| | $C_T = 1\mu\text{F}$, $R_T = 10\text{k}\Omega$ | 8 | 7 | 8 | ms |

¹TA conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
²All typical values are at $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.
³For more than one output, should be specified as: 1 time.

Pin Assignment (Top view)



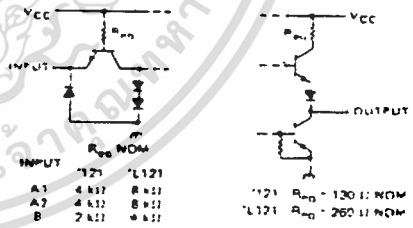
NC-No internal connection
 121- $R_{int} = 2\text{k}\Omega$ NOM
 121- $R_{int} = 4\text{k}\Omega$ NOM

Function Table

121, 121 (See Note)

| INPUTS | | OUTPUTS | |
|--------|----|---------|-------|
| A1 | A2 | Q | Q-bar |
| L | X | L | H |
| X | L | L | H |
| X | X | L | H |
| H | H | X | L |
| H | L | H | L |
| L | H | L | L |
| L | L | H | H |
| L | X | L | L |
| X | L | L | L |

schematics of inputs and outputs



NOTES: A, H=high level (steady state), L=low level (steady state), ↑=transition from low to high level, ↓=transition from high to low level, L=one high-level pulse, L=one low-level pulse, X=irrelevant (any input, including transitions).
 B To use the internal timing resistor connect R_{int} to V_{CC} .
 C An external timing resistor R_T be connected between C_T (device) and R_{int}/C_{ext} .
 D For accurate repetition pulse widths connect an external resistor between R_{int}/C_{ext} and V_{CC} and V_{CC} and R_{int} open-circuited.
 E To order narrow pulse widths, connect external values resistance between R_{int} or R_{int}/C_{ext} and V_{CC} .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54138/74138 3-Line-to-8-Line Decoder

| | Schottky TTL | | | High-Speed TTL | | | Low-Power Schottky TTL | | | Standard TTL | | | Low-Power TTL | | |
|-----------|--------------|---------|---|----------------|---------|---|------------------------|---------|---|--------------|---------|---|---------------|---------|---|
| | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | |
| | C | P | M | C | P | M | C | P | M | C | P | M | C | P | M |
| T.I. | SN54LS138 | | | | | | SN54ALS138 | | | | | | | | |
| FAIRCHILD | 74ALS138 | | | | | | 74ALS138 | | | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | | SN74ALS138 | | | | | | | | |
| N.S.C. | DM74LS138 | | | | | | DM74LS138 | | | | | | | | |
| PHILIPS | 74ALS138 | | | | | | 74ALS138 | | | | | | | | |
| SIGNETICS | ES54LS138 | | | | | | 74ALS138 | | | | | | | | |
| SIEMENS | 74ALS138 | | | | | | 74ALS138 | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | 74ALS138 | | | | | | | | |
| HTACHI | | | | | | | 74ALS138 | | | | | | | | |
| MTSUSHI | 74ALS138 | | | | | | 74ALS138 | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | 74ALS138 | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | 74ALS138 | | | | | | | | |

Electrical Characteristics SN54ALS138 SN74ALS138

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|-------------------------|----|--------------------------------------|---------|----------------|
| Supply voltage V_{CC} | TV | Operating free-air temperature range | SN54ALS | -55°C to 125°C |
| Input voltage | TV | | SN74ALS | 0°C to 70°C |
| | | Storage temperature range | | -55°C to 150°C |

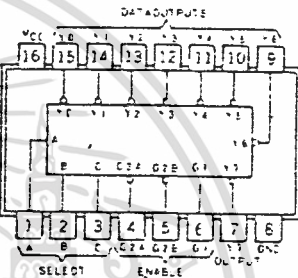
recommended operating conditions

| | SN54ALS138 | | | SN74ALS138 | | | UNIT |
|--------------------------------------|------------|-----|-----|------------|-----|------|------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| Supply voltage V_{CC} | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| Maximum output current I_{OL} | | | 400 | | | 400 | mA |
| Low-level output current I_{OL} | | | 4 | | | 8 | mA |
| Operating free-air temperature T_A | -55 | 125 | 0 | | | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER* | TEST CONDITIONS† | MIN | TYP‡ | MAX | UNIT | | |
|------------|--|--|----------------------------|------|------|----|----|
| V_{OH} | High-level input voltage | | 2 | | V | | |
| V_{OL} | Low-level input voltage | | 0.8 | | V | | |
| V_I | Input clamp voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$ $I_E = -18 \text{ mA}$ | | 5 | V | | |
| V_{OH} | High-level output voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{OL} = 2 \text{ V}$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$, $I_{OH} = 400 \mu\text{A}$ | SN54ALS 2.5 SN74ALS 2.7 | 3.4 | V | | |
| V_{OL} | Low-level output voltage | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{OH} = 0.8 \text{ V}$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$ | | 0.35 | 0.5 | V | |
| I_{OH} | Output current at maximum output voltage | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{OL} = 2 \text{ V}$ | | 0 | mA | | |
| I_{OL} | High-level output current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{OH} = 2 \text{ V}$ | | 20 | mA | | |
| I_{OL} | Low-level output current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{OH} = 0.4 \text{ V}$ | | 0 | mA | | |
| I_{OS} | Short-circuit output current | $V_{CC} = \text{MAX}$ | | -20 | -100 | mA | |
| I_{CC} | Supply current | $V_{CC} = \text{MAX}$, Outputs enabled and/or | | 5.3 | 10 | mA | |
| t_{PLH} | from Binary search | | 2 | 13 | 20 | ns | |
| t_{PLH} | to Any output | $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ | levels | 19 | 27 | ns | |
| t_{PLH} | | $C_L = 15 \text{ pF}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ | delay | 2 | 12 | 18 | ns |
| t_{PLH} | to Enable | | | 7 | 31 | ns | |
| t_{PLH} | to Any output | | | 17 | 24 | ns | |
| t_{PLH} | | | | 25 | 34 | ns | |

Pin Assignment (Top View)



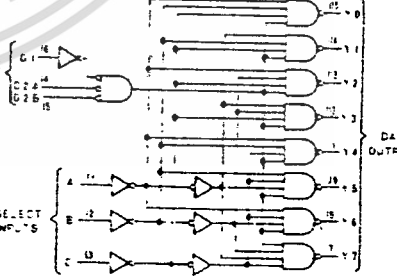
Positive logic:
see function table

Function Table

| *5138*LS138 | | INPUTS | | | OUTPUTS | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|---|---|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ENABLE | SELECT | | | Y_0 | Y_1 | Y_2 | Y_3 | Y_4 | Y_5 | Y_6 | Y_7 |
| | G_1 | G_2 | C | B | A | | | | | | | |
| A | H | X | X | X | H | H | H | H | H | H | H | H |
| L | X | X | X | X | H | H | H | H | H | H | H | H |
| H | L | L | L | L | L | L | L | L | L | L | L | L |
| H | L | L | L | L | H | L | H | H | H | H | H | H |
| H | L | L | L | H | L | H | L | H | H | H | H | H |
| H | L | L | H | L | H | L | H | L | H | H | H | H |
| H | L | H | L | L | H | H | H | L | H | H | H | H |
| H | L | H | L | H | H | H | H | H | L | H | H | H |
| H | L | H | H | L | H | H | H | H | H | L | H | H |
| H | L | H | H | H | L | H | H | H | H | H | L | H |
| H | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | L |

*G2 = G2A - G2E
*High level, L = low level, X = unspecified

Functional Block Diagram



*5138*LS138 DECODER DEMULTIPLEXER

* Pin conditions shown as MIN or MAX use the appropriate value specified under the recommended operating conditions for the applicable device type.
 † Test circuit values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.
 ‡ Not more than one output should be shorted at a time. The duration of the short-circuit test should not exceed one second.
 § t_{PLH} is propagation delay time low-to-high-level output.
 †† t_{PLH} is propagation delay time high-to-low-level output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | Schottky TTL | | High-Speed TTL | | Low-Power Schottky TTL | | Standard TTL | | Low-Power TTL | |
|------------|--------------|---------------------|----------------|---------------------|------------------------|---------------------|--------------|---------------------|---------------|---------------------|
| | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C F M CF | Device Type | Package C P M CF |
| FAIRCHILD | SN54S139 | | | | SN54ALS139 | | | | | |
| | SN74S139 | | | | SN74ALS139 | | | | | |
| | SN54ALS139 | | | | SN74ALS139 | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | SN74ALS139 | | | | | |
| | | | | | DM74ALS139 | | | | | |
| NSC | | | | | SN74ALS139 | | | | | |
| | DM74S139 | | | | DM74ALS139 | | | | | |
| PHILIPS | | | | | SN74ALS139 | | | | | |
| | SN74S139 | | | | SN74ALS139 | | | | | |
| SGNINETICS | SN74S139 | | | | | | | | | |
| | SN74S139 | | | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| AVC | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Electrical Characteristics SN54LS139 SN74LS139

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|-----------------------------------|------------------|---------------------------|-----------|----------------|
| Supply Voltage (V _{CC}) | V _{CC} | Operating Temperature | SN54LS139 | -55°C to 125°C |
| Operating Temperature | T _{OP} | Temperature Range | SN74LS139 | 0°C to 70°C |
| Storage Temperature | T _{STG} | Storage Temperature Range | | -65°C to 150°C |

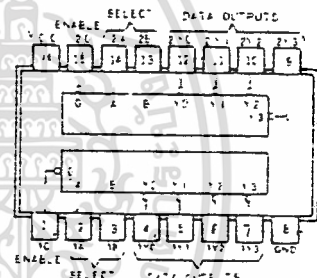
recommended operating conditions

| | SN54LS139 | | | SN74LS139 | | | UNIT |
|--|-----------|-----|-----|-----------|-----|------|------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| Supply Voltage (V _{CC}) | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| Operating Temperature (T _{OP}) | | | 40 | | | 40 | °C |
| Storage Temperature (T _{STG}) | | | -55 | | | 125 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER* | TEST CONDITIONS† | MIN | TYP‡ | MAX | UNIT |
|---|---|-----|------|-----|------|
| Enable Input Current (I _{EN}) | V _{CC} = 5V, V _{EN} = 0V | | 2 | | μA |
| Enable Input Leakage Current (I _{LEAK}) | V _{CC} = 5V, V _{EN} = 5V | | 0.5 | | μA |
| Output Current (I _{OL}) | V _{CC} = 5V, V _{EN} = 5V, I _{OL} = 10mA | 2.5 | 3.4 | | mA |
| Output Current (I _{OH}) | V _{CC} = 5V, V _{EN} = 5V, I _{OH} = -10mA | | 0.35 | 0.5 | mA |
| Output Delay Time (t _{pd}) | V _{CC} = 5V, V _{EN} = 5V, C _L = 15pF | | 6.8 | | ns |
| Propagation Delay Time (t _{PLH}) | V _{CC} = 5V, V _{EN} = 5V, C _L = 15pF | | 13 | 21 | ns |
| Propagation Delay Time (t _{PHL}) | V _{CC} = 5V, V _{EN} = 5V, C _L = 15pF | | 18 | 25 | ns |
| Setup Time (t _{su}) | V _{CC} = 5V, V _{EN} = 5V, C _L = 15pF | | 3 | 25 | ns |
| Hold Time (t _h) | V _{CC} = 5V, V _{EN} = 5V, C _L = 15pF | | 16 | 24 | ns |

Pin Assignment (Top View)

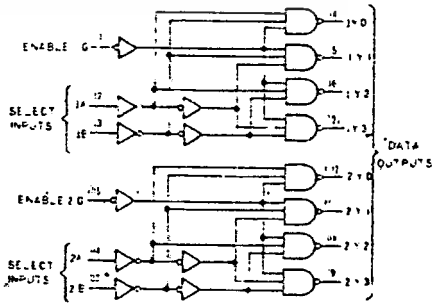


Function Table

'S139 'LS139
(EACH DECODER DEMULTIPLEXER)

| INPUTS | | OUTPUTS | | | |
|--------|--------|---------|----|----|----|
| ENABLE | SELECT | Y0 | Y1 | Y2 | Y3 |
| H | X | X | H | H | H |
| L | L | L | L | H | H |
| L | L | L | H | L | H |
| L | L | H | L | L | H |
| L | L | H | H | L | L |

Functional Block Diagram



'S139 'LS139 DECODER DEMULTIPLEXER

* Test conditions shown as MIN or MAX use the appropriate value shown under recommended operating conditions for the applicable device type.
 † V_{CC} values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
 ‡ All output delays are measured at 50% duty cycle.
 § t_{PLH} propagation delay time; t_{PHL} propagation delay time; t_{pd} propagation delay time.

| | Schottky TTL | | | High-Speed TTL | | | Low-Power Schottky TTL | | | Standard TTL | | | Low-Power TTL | | |
|------------|--------------|---------|---|----------------|---------|--|------------------------|---------|---|--------------|---------|---|---------------|---------|--|
| | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | |
| | | C | P | M | CF | | | | | | | | | | |
| FAIRCHILD | | | | | | | SN54LS145 | UQ | M | SN74LS145 | P | M | | | |
| MOTOROLA | | | | | | | SN74LS145 | UQ | M | SN74LS145 | P | M | | | |
| N.S.C. | | | | | | | | | | | | | | | |
| PHILIPS | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | 74LS145 | UQ | M | 74LS145 | P | M | | | |
| Hitachi | | | | | | | | | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | 74LS145 | UQ | M | 74LS145 | P | M | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | |

Electrical Characteristics SN54LS145/SN74LS145

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|--------------------------------|----|-----------------------------------|-----------|----------------|
| Supply voltage V _{CC} | 7V | Operating Power temperature range | SN54LS145 | -55°C to 125°C |
| Output voltage | 7V | Storage temperature range | SN74LS145 | 0°C to 70°C |
| | | | | -65°C to 150°C |

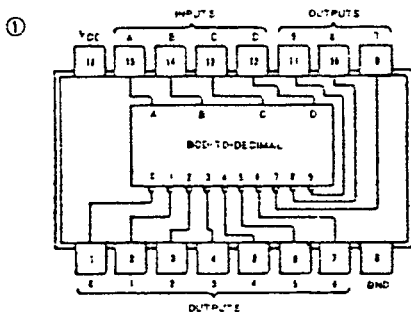
recommended operating conditions

| | SN54LS145 | | | SN74LS145 | | | UNIT |
|---|-----------|-----|-----|-----------|-----|------|------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| Supply voltage V _{CC} | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| Minimum output voltage | | | 15 | | | 15 | V |
| Operating Power temperature, T _a | -55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER | TEST CONDITIONS* | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|--|---|-----|-----|------|------|
| V _{OH} High-level input voltage | | | 2 | | V |
| V _{OL} Low-level input voltage | | | | 0.8 | V |
| V _{OC} Max. output voltage | V _{CC} = MIN, I _O = -18 mA | | | -1.5 | V |
| V _{OH} 0-state output voltage | V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2V, V _{IL} = 0.8V, I _O (or) = 80 mA | | 2.3 | | V |
| V _{OL} 1-state output voltage | V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2V, V _{IL} = 0.8V, I _O (or) = 250 μA | | 15 | | V |
| I _{OH} Input current at maximum input voltage | V _{CC} = MAX, V _I = 7V | | | 0.1 | mA |
| I _{OL} High-level input current | V _{CC} = MAX, V _I = 2.4V | | | 20 | μA |
| I _{OL} Low-level input current | V _{CC} = MAX, V _I = 0.8V | | | -0.4 | mA |
| I _{CC} Supply current | V _{CC} = MAX, Set Note | | 7 | 13 | mA |
| t _{PLH} Propagator delay time, low-to-high output | V _{CC} = 5V, T _a = 25°C | | | 50 | ns |
| t _{PLH} Propagator delay time, high-to-low output | C _L = 450pF, R _L = 665Ω | | | 50 | ns |

Pin Assignment (Top View)



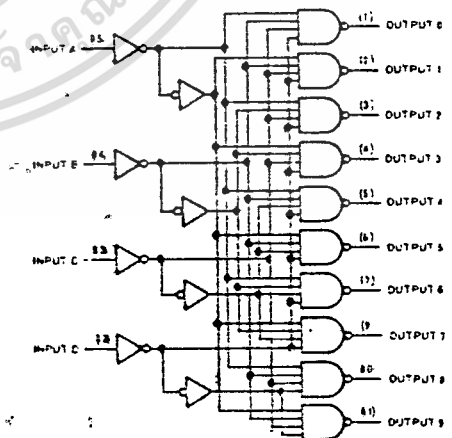
positive logic : see function table

FUNCTION TABLE

| NO | INPUTS | | | | OUTPUTS | | | | | | | | | |
|---------|--------|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | D | C | B | A | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | L | L | L | L | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| 1 | L | L | L | H | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| 2 | L | L | H | L | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| 3 | L | L | H | H | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| 4 | L | H | L | L | L | H | H | H | L | H | H | H | H | H |
| 5 | L | H | L | H | L | H | H | L | H | H | H | H | H | H |
| 6 | L | H | H | L | L | H | H | H | L | L | H | H | H | H |
| 7 | L | H | H | H | L | H | H | H | L | L | L | H | H | H |
| 8 | H | L | L | L | L | H | H | H | H | H | H | L | L | L |
| 9 | H | L | L | H | L | H | H | H | H | H | H | L | L | L |
| INVALID | H | L | H | L | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| | H | L | H | H | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| | H | H | L | L | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| | H | H | L | H | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H |

H=high level (01), L=low level (or)

Functional Block Diagram



145 BCD-TO-DECIMAL DECODER DRIVER

NOTE: I_{CC} is measured with all inputs grounded and outputs open.

*For conditions shown as MIN or MAX use the appropriate value shown under recommended operating conditions for the 54- and 74-series.
†All typical values are at V_{CC} = 5V, T_a = 25°C.

54157 74157 Quadruple 2-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer

| | Schottky TTL | | | High-Speed TTL | | | Low-Power Schottky TTL | | | Standard TTL | | | Low-Power TTL | | |
|-------------|--------------|----------------------|----|----------------|----------------------|--|------------------------|----------------------|-----|--------------|----------------------|-----|---------------|----------------------|-----|
| | Device Type | Package C P M C/F | | Device Type | Package C P M C/F | | Device Type | Package C P M C/F | | Device Type | Package C P M C/F | | Device Type | Package C P M C/F | |
| 1 | SN54LS157 | | IN | | | | SN54LS157 | UCJ | HW | SN54LS157 | UCJ | HW | SN54LS157 | UCJ | |
| | SN74LS157 | | | | | | SN74LS157 | UCJ | HW | SN74LS157 | UCJ | HW | SN74LS157 | UCJ | HW |
| FAIRCHILD | | | | | | | 74ALS157 | MJ | 18Q | | | | | | |
| | | | | | | | 74ALS157 | MJ | 18Q | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | | MC74LS157 | IP | 31 | MC74LS157 | IP | 31 | | | |
| NSC | | | | | | | CM54LS157 | | | | | | DM54LS157A | | |
| | | | | | | | DM74LS157 | | | DM74LS157 | | | DM74LS157A | | |
| PHILIPS | | | | | | | N74LS157 | | | N74LS157 | | | | | |
| SGS-THOMSON | | | | | | | | | | 54LS157 | IFC | IB1 | 54LS157 | IFC | IB1 |
| | | | | | | | | | | 74LS157 | IFC | IB1 | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | FLY171 | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 74LS157 | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 74LS157 | | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 74LS157 | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 74LS157 | | | | | | | | |
| AMD | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 2M54LS157 | | | | | | | | |
| | | | | | | | 2M74LS157 | | | | | | | | |

Electrical Characteristics SN54LS157 SN74LS157

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|---------------------------------|-----|--------------------------------------|-----------|----------------|
| supply voltage, V _{CC} | 7.5 | Operating free-air temperature range | SN54LS157 | -55°C to 125°C |
| input voltage, V _I | 7.5 | temperature range | SN74LS157 | 0°C to 70°C |
| output current, I _O | 16 | storage temperature range | | -65°C to 150°C |

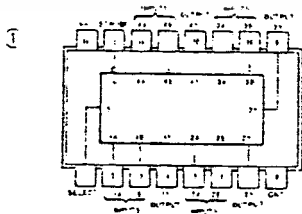
recommended operating conditions

| | SN54LS157 | | | SN74LS157 | | | UNIT |
|--|-----------|-----|------|-----------|-----|------|------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| supply voltage, V _{CC} | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| maximum output current, I _O | | | -400 | | | -400 | μA |
| maximum output current, I _O | | | 4 | | | 8 | mA |
| operating free-air temperature, T _a | -55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER* | TEST CONDITIONS† | MIN | TYP‡ | MAX | UNIT |
|---|---|-----------|------|------|------|
| high-level input voltage | | 2 | | | V |
| low-level input voltage | | | | 0.8 | V |
| input clamp current | V _{CC} = 5V, I _I = -300 μA | | | -1.5 | mA |
| high-level output voltage | V _{CC} = 5V, I _O = 20 μA | 2.7 | 3.4 | | V |
| low-level output voltage | V _{CC} = 5V, I _O = 20 μA | 0.25 | 0.5 | | V |
| output current, I _O | V _{CC} = 5V, V _O = 3V | | 0.2 | | mA |
| output current, I _O | V _{CC} = 5V, V _O = 0.1V | | 0.1 | | mA |
| output current, I _O | V _{CC} = 5V, V _O = 3V | | 40 | | μA |
| output current, I _O | V _{CC} = 5V, V _O = 0.1V | | 20 | | μA |
| output current, I _O | V _{CC} = 5V, V _O = 0.1V | | -0.8 | | mA |
| output current, I _O | V _{CC} = 5V, V _O = 0.1V | | -0.4 | | mA |
| enable/output current, I _O | V _{CC} = 5V | SN54LS157 | -20 | -100 | mA |
| | | SN74LS157 | -20 | -100 | mA |
| supply current, I _{CC} | V _{CC} = 5V, See notes | | 5.7 | 16 | mA |
| propagation delay, t _{pd} | V _{CC} = 5V, T _a = 25°C | | 9 | 14 | nS |
| high-to-low propagation delay, t _{PHL} | V _{CC} = 5V, T _a = 25°C, C _L = 15 pF | | 14 | 20 | nS |
| low-to-high propagation delay, t _{PLH} | V _{CC} = 5V, T _a = 25°C, C _L = 15 pF | | 18 | 23 | nS |
| high-to-low propagation delay, t _{PHL} | V _{CC} = 5V, T _a = 25°C, C _L = 15 pF | | 18 | 27 | nS |

Pin Assignment (Top View)

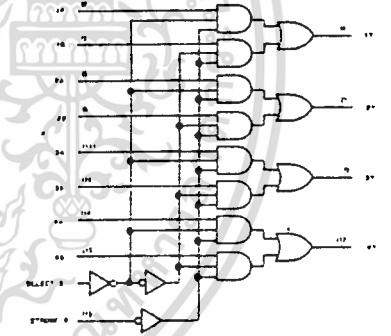


Function Table

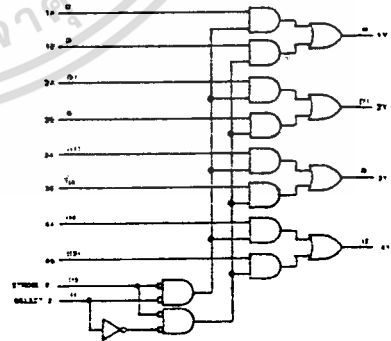
| STROBE | INPUTS | | OUTPUT | |
|--------|--------|---|--------|---|
| | SELECT | A | B | Y |
| H | X | X | X | L |
| L | L | L | X | L |
| L | L | H | X | H |
| L | H | X | L | L |
| L | H | X | H | H |

H=high level, L=low level, X=irrelevant

Functional Block Diagrams



157, 157B QUADRUPLE 2-LINE-TO-1-LINE DATA SELECTOR/MULTIPLEXER



157, 157B QUADRUPLE 2-LINE-TO-1-LINE DATA SELECTOR/MULTIPLEXER
NOTE: I_{CC} IS MEASURED WITH 4.5V APPLIED TO ALL INPUTS AND ALL OUTPUTS OPEN

*T_a conditions shown as MIN or MAX use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.
 †C_L = 15 pF unless otherwise noted.
 ‡Typical values are at V_{CC} = 5V, T_a = 25°C.
 §More than one output should be asserted at a time.
 ¶t_{PHL} = propagation delay time low-to-high-level output.
 ††t_{PLH} = propagation delay time high-to-low-level output.

54165 74165 Parallel-Load 9-Bit Shift Register

| | Schottky TTL | | High-Speed TTL | | Low-Power Schottky TTL | | Standard TTL | | Low-Power TTL | |
|------------|--------------|---------------------|----------------|---------------------|------------------------|---------------------|--------------|---------------------|---------------|---------------------|
| | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C P M CF | Device Type | Package C P M CF |
| T.I. | | | | | SN54LS165 | ICD | SN74LS165 | ICD | | |
| FAIRCHILD | | | | | | | FC74165 | FC97165 | DC PD | |
| MOTOROLA | | | | | | | MC74165 | PS | | |
| N.S.C. | | | | | | | DM74165A | ICD | DM74165A | ICD |
| PHILIPS | | | | | | | N74165 | ICD | | |
| SIGNETICS | | | | | | | SN74165 | ICD | | |
| SIEMENS | | | | | | | FL1651 | ICD | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | |
| mitsubishi | | | | | | | M53365 | IPD | | |
| NEC | | | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | |

Electrical Characteristics NS54LS165 SN74LS165

| | |
|--|---|
| absolute maximum ratings over operating free-air temperature range | |
| Supply voltage V_{CC} | 7.5 |
| Operating temperature range | SN54LS165: -55°C to 125°C SN74LS165: 0°C to 75°C |
| Input voltage | Storage temperature range: -65°C to 150°C |

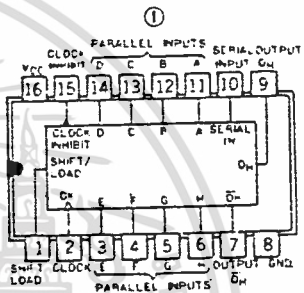
recommended operating conditions

| PARAMETER | NS54LS165 | | SN74LS165 | | UNIT |
|--------------------------------------|-----------|-----|-----------|-----|------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | |
| Supply voltage V_{CC} | 4.5 | 5 | 5.5 | 7.5 | V |
| Maximum output current I_{OL} | | | 400 | | mA |
| Maximum output current I_{OH} | | | 4 | | mA |
| Clock frequency f_{CLK} | | | 20 | | MHz |
| Maximum output delay to clock | | 25 | | 25 | ns |
| Maximum load delay to clock | | 15 | | 15 | ns |
| Commercial serial time delay | | 30 | | 30 | ns |
| Propagation delay to serial output | | 10 | | 10 | ns |
| Serial input delay to serial output | | 30 | | 20 | ns |
| Serial time delay | | 45 | | 45 | ns |
| Maximum output delay to clock | | 0 | | 0 | ns |
| Operating free-air temperature T_a | -55 | 125 | 0 | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER | TEST CONDITIONS 1 | MIN | TYP 2 | MAX | UNIT |
|---|---------------------------------------|-----|-------|-----|------|
| V_{CC} - maximum supply voltage | | | 2 | | V |
| V_{IL} - maximum input voltage | | | | 0.8 | V |
| V_{OL} - maximum output voltage | $V_{CC} = 5V$, $I_{OL} = 400\mu A$ | | 0.25 | | V |
| V_{OH} - minimum output voltage | $V_{CC} = 5V$, $I_{OH} = -400\mu A$ | 2.7 | 3.5 | | V |
| V_{CC} - minimum supply voltage | $V_{IL} = 0.8V$, $I_{OL} = 400\mu A$ | | 0.35 | 0.5 | V |
| I_{CC} - maximum supply current | $V_{CC} = 5V$, $V_{IL} = 0.8V$ | | 0.3 | | mA |
| I_{OH} - maximum output current | $V_{CC} = 5V$, $V_{OL} = 0.25V$ | | 0.1 | | mA |
| I_{OL} - maximum output current | $V_{CC} = 5V$, $V_{OH} = 2.7V$ | | 60 | | mA |
| I_{OL} - maximum output current | $V_{CC} = 5V$, $V_{OH} = 2.7V$ | | 20 | | mA |
| I_{OL} - maximum output current | $V_{CC} = 5V$, $V_{OH} = 2.7V$ | | -1.2 | | mA |
| I_{OL} - maximum output current | $V_{CC} = 5V$, $V_{OH} = 2.7V$ | | -0.4 | | mA |
| I_{CC} - supply current | $V_{CC} = 5V$, $V_{IL} = 0.8V$ | | 0.3 | | mA |
| I_{CC} - supply current | $V_{CC} = 5V$, $V_{IL} = 0.8V$ | | 0.3 | | mA |
| t_{F} - maximum propagation delay | | | 25 | 35 | ns |
| t_{PLH} - propagation delay (low to high) | | | 21 | 35 | ns |
| t_{PLH} - propagation delay (low to high) | | | 27 | 40 | ns |
| t_{PLH} - propagation delay (low to high) | | | 28 | 40 | ns |
| t_{PLH} - propagation delay (low to high) | | | 18 | 25 | ns |
| t_{PLH} - propagation delay (low to high) | | | 21 | 30 | ns |
| t_{PLH} - propagation delay (low to high) | | | 16 | 25 | ns |

Pin Assignment (Top View)



positive logic:

Function Table

165 (see Note 3)

| SHIFT LOAD | CLOCK INHIBIT | INPUTS | | | | INTERNAL OUTPUTS | | OUTPUT Q _n |
|------------|---------------|--------|--------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| | | CLOCK | SERIAL | PARALLEL A...H | Q _A | Q _B | | |
| L | X | X | X | A...H | A | B | h | |
| H | L | L | X | X | O _{A0} | O _{B0} | O _{H0} | |
| H | L | ↑ | H | X | H | O _{An} | O _{Gn} | |
| H | L | ↑ | L | X | L | O _{An} | O _{Gn} | |
| H | H | ↑ | X | X | O _{A0} | O _{B0} | O _{H0} | |

- NOTES: 1. This is the voltage between two emitters of a multiple-emitter transistor. For this output, this rating applies to the shift/load input in conjunction with the clock or clock-inhibit inputs.
2. With the outputs open, clock inhibit and shift/load at 4.5V, and a clock pulse applied to the clock input (Q₀ is measured first; with the parallel inputs at 4.5V, then with the parallel inputs grounded).
3. H = high level (steady state), L = low level (steady state), A = transition (any input, including transitions), ↑ = transition from low to high level, a...h = the level of steady-state input at inputs A thru h, respectively, O_{A0}, O_{B0}, O_{H0} = the level of Q_A, Q_B, or Q_H, respectively, before the indicated steady-state input conditions were established, O_{An}, O_{Gn} = the level of Q_A or Q_G, respectively, before the most recent ↑ transition of the clock.

For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value under recommended operating conditions for the applicable device type.

- 1. All typical values are at $V_{CC} = 5V$, $T_a = 25°C$.
- 2. For more than one output, amount in 50-ns to 1-μs time.
- 3. t_{PLH} = propagation delay time (low-to-high) output.
- 4. t_{PLH} = propagation delay time (high-to-low) output.

CONTINUED ON NEXT PAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54193/74193 Synchronous 4-Bit Binary Up/Down Counter (Dual clock with clear)

| | Schottky TTL | | High-Speed TTL | | Low-Power Schottky TTL | | Standard TTL | | Low-Power TTL | |
|------------|--------------|---------------------|----------------|---------------------|------------------------|---------------------|--------------|---------------------|---------------|---------------------|
| | Device Type | Package C P M OF | Device Type | Package C P M OF | Device Type | Package C P M OF | Device Type | Package C P M OF | Device Type | Package C P M OF |
| T. I. | | | | | SN54LS193 | J D, W D | SN54193 | J D, W D | SN54L193 | J D, W D |
| FAIRCHILD | | | | | SN74LS193 | J D, W D | SN74193 | J D, W D | SN74L193 | J D, W D |
| MOTOROLA | | | | | SN74LS193 | P D | MC74193 | F D | DM54L193 | J D, W D |
| N S C. | | | | | DM74LS193 | D | DM74193 | M D | DM74L193 | J D, W D |
| PHILIPS | | | | | N74LS193 | D | N74193 | D | | |
| SIGNETICS | | | | | | | SS4193 | F D, J D, W D | | |
| SIEMENS | | | | | | | FL2751 | D | | |
| FUJITSU | | | | | 74LS193 | M D | | | | |
| HTACHI | | | | | HD74LS193 | F D | HD74193 | G A F D | | |
| MITSUBISHI | | | | | M74LS193 | P D | MS2393 | F D, J D | | |
| NEC | | | | | 74LS193 | C D | μPB7193 | D D | | |
| TOSHIBA | | | | | | | TD74193 | P D | | |
| AMD | | | | | Am54LS193 Am74LS193 | | | | | |

Electrical Characteristics SN54LS193 SN74LS193

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|-------------------------|------|--------------------------------------|-----------|----------------|
| Supply voltage V_{CC} | 7V | Operating free-air temperature range | SN54LS193 | -55°C to 125°C |
| Input voltage | 5.5V | Storage temperature range | SN74LS193 | 0°C to 70°C |
| | | Storage temperature range | | -65°C to 150°C |

recommended operating conditions

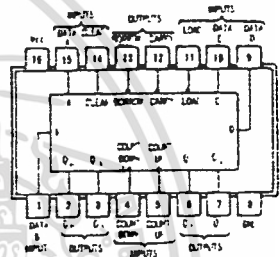
| | SN54LS193 | | SN74LS193 | | UNIT | |
|--------------------------------------|-----------|-----|-----------|-----|------|---------|
| | MIN | NOM | MIN | NOM | | |
| Supply voltage V_{CC} | 4.5 | 5 | 5.5 | 5 | 5.25 | V |
| High-level output current I_{OH} | | | -400 | | -400 | μ A |
| Low-level output current I_{OL} | | | 4 | | 8 | mA |
| Count frequency (count) | 0 | 25 | 0 | 25 | 25 | MHz |
| Width of data input pulse t_w | 20 | | 20 | | 20 | ns |
| Data setup time t_{SU} | 20 | | 20 | | 20 | ns |
| Data hold time t_{HD} | 0 | | 0 | | 0 | ns |
| Operating free-air temperature T_A | -55 | 125 | 0 | 70 | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER* | TEST CONDITIONS† | MIN | TYP‡ | MAX | UNIT |
|--|--|-----------|------|------|---------|
| V_{IH} High-level input voltage | | 2 | | | V |
| V_{IL} Low-level input voltage | | | | 0.8 | V |
| V_I Input clamp voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18 \text{ mA}$ | | | -1.5 | V |
| V_{OH} High-level output voltage | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IH} = 2V$, $V_{IL} = 0.8V$, $I_{OH} = -400 \mu\text{A}$ | 2.7 | 3.4 | | V |
| V_{OL} Low-level output voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2V$, $V_{IL} = 0.8V$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$ | 0.35 | 0.5 | | V |
| I_I Input current at maximum input voltage | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 7V$ | | | 0.1 | mA |
| I_{IH} High-level input current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 2.4V$ | | | 20 | μ A |
| I_{IL} Low-level input current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.4V$ | | | 0.6 | mA |
| I_{OS} Short-circuit output current* | $V_{CC} = \text{MAX}$ | SN54LS193 | -20 | 100 | mA |
| | | SN74LS193 | -20 | 100 | mA |
| I_{CC} Supply current | $V_{CC} = \text{MAX}$, See Note 1 | SN54LS193 | 18 | 34 | mA |
| | | SN74LS193 | 15 | 34 | mA |
| f_{MAX} Maximum clock frequency | | | 25 | 32 | MHz |
| t_{PHL} Prop. Delay to output Carry | $V_{CC} = 5V$ | | 17 | 26 | ns |
| t_{PLH} Prop. Delay to output Borrow | $T_A = 25^\circ\text{C}$ | | 16 | 24 | ns |
| t_{PHL} Prop. Delay to output 0 | $C_L = 150\text{pF}$ | | 15 | 24 | ns |
| t_{PLH} Prop. Delay to output 1 | $R_L = 2k\Omega$ | | 27 | 38 | ns |
| t_{PHL} Prop. Delay to output C | | | 30 | 47 | ns |
| t_{PLH} Prop. Delay to output D | | | 24 | 40 | ns |
| t_{PHL} Prop. Delay to output 0 | | | 25 | 40 | ns |
| t_{PLH} Prop. Delay to output 1 | | | 23 | 35 | ns |

NOTES: 1. I_{CC} is measured with all outputs open, data and load inputs grounded and all other inputs at 0.5V.
2. Clear overrides load data and count inputs.
3. When counting up, count-down input must be high; when counting down, count-up input must be high.

Pin Assignment (Top View)



*For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
 †All type values are at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.
 ‡No more than one output should be asserted at a time.
 § t_{PH} = propagation delay; t_{PL} = low-to-high propagation delay; t_{PLH} = propagation delay; t_{PHL} = high-to-low propagation delay.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54245 74245 Octal Bus Transceivers with 3-state Outputs

| | Steady State TTL | | | High-Speed TTL | | | Low-Power Schottky TTL | | | Standard TTL | | | Low-Power TTL | | | | |
|------------|------------------|---------|---|----------------|---------|-----|------------------------|---------|---|--------------|---------|---|---------------|---------|---|---|-----|
| | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | Device Type | Package | | | |
| | | C | P | C | P | MCF | | C | P | MCF | | C | P | MCF | C | P | MCF |
| | | | | | | | SN54LS245 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | SN74LS245 | | | | | | | | | | |
| FMPC-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VICTOR-14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PHILIPS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SONY | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TACH | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | | | |

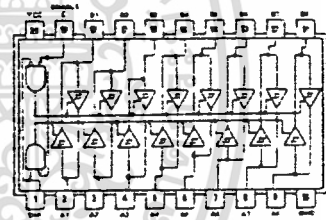
Electrical Characteristics SN54LS245 SN74LS245

| Absolute Maximum Ratings Over Operating Free-Air Temperature Range | | | | | | |
|--|----|-----------------|-----------|---------------|-----------|------|
| Supply voltage, V _{CC} | V | Operating range | SN54LS245 | 55°C to 125°C | | |
| Supply voltage, V _{CC} | V | Storage range | SN74LS245 | 0°C to 70°C | | |
| Storage temperature range | °C | | | 65°C to 150°C | | |
| Recommended Operating Conditions | | | | | | |
| | | | SN54LS245 | | SN74LS245 | UNIT |
| Supply voltage, V _{CC} | V | MIN | NOM | MAX | MIN | MAX |
| Supply voltage, V _{CC} | V | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 |
| Maximum output current, I _{OL} | mA | | 12 | | 15 | 15 |
| Maximum output current, I _{OL} | mA | | 12 | | 24 | 24 |
| Operating temperature, T _{OP} | °C | 55 | | 125 | 0 | 70 |

| Electrical Characteristics Over Recommended Operating Free-Air Temperature Range | | | | | | |
|--|--|-----------|-----|------|------|----|
| PARAMETER | TEST CONDITIONS† | SN74LS245 | | | UNIT | |
| | | MIN | TYP | MAX | | |
| V _{OL} Low-level output voltage | V _{CC} = MIN, I _{OL} = 12 mA | 0.2 | 0.4 | | V | |
| V _{OH} High-level output voltage | V _{CC} = MIN, I _{OH} = -3 mA | 2.4 | 3.4 | | V | |
| V _{OL} Low-level output voltage | V _{CC} = MIN, I _{OL} = 12 mA | | | 0.4 | V | |
| V _{OL} Low-level output voltage | V _{CC} = MIN, I _{OL} = 24 mA | | | 0.5 | V | |
| I _{OL} High-level output current (high-level voltage applied) | V _{CC} = MAX, V _O = 2.7 V | | | 10 | μA | |
| I _{OL} High-level output current (low-level voltage applied) | V _{CC} = MAX, V _O = 0.4 V | | | -200 | μA | |
| I _{OH} High-level output current (high-level voltage applied) | V _{CC} = MAX, V _I = 5.5 V | | | 0.1 | mA | |
| I _{OH} High-level output current (high-level voltage applied) | V _{CC} = MAX, V _I = 7 V | | | 0.1 | mA | |
| I _{OL} Low-level output current (high-level voltage applied) | V _{CC} = MAX, V _I = 2.7 V | | | 20 | μA | |
| I _{OL} Low-level output current (high-level voltage applied) | V _{CC} = MAX, V _I = 0.4 V | | | -0.2 | mA | |
| I _{OL} High-level output current (low-level voltage applied) | V _{CC} = MAX | | | -40 | -225 | mA |
| I _{OL} High-level output current (low-level voltage applied) | V _{CC} = MAX, Outputs open | | | 48 | 70 | mA |
| I _{OL} High-level output current (low-level voltage applied) | V _{CC} = MAX, Outputs open | | | 62 | 95 | mA |
| I _{OL} High-level output current (low-level voltage applied) | V _{CC} = MAX, Outputs open | | | 64 | 95 | mA |

Switching Characteristics, V_{CC} 5V, T_A 25°C

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|--|---|-----|-----|-----|------|
| t _{PLH} Propagation delay time (low-to-high) output | | | 8 | 12 | ns |
| t _{PLH} Propagation delay time (high-to-low) output | | | 8 | 12 | ns |
| t _{OL} Output enable time to low level | C _L = 40pF, R _L = 60Ω | | 27 | 40 | ns |
| t _{OL} Output enable time to high level | See Note 2 | | 25 | 40 | ns |
| t _{OL} Output enable time from low level | C _L = 50f, R _L = 60Ω | | 15 | 25 | ns |
| t _{OL} Output enable time from high level | See Note 2 | | 15 | 25 | ns |



SN54LS245 (J) SN74LS245 (J, N)

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
 ‡ Typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
 § The one output should be shorted at a time and duration of the short-circuit should not exceed one second.

54374 / 74374 Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

| | Schottky TTL | | | | High-Speed TTL | | | | Low-Power Schottky TTL | | | | Standard TTL | | | | Low-Power TTL | | | | |
|------------|--------------|---|---------|----|----------------|---|---------|----|------------------------|---|---------|----|--------------|---|---------|----|---------------|---|---------|----|--|
| | Device Type | | Package | | Device Type | | Package | | Device Type | | Package | | Device Type | | Package | | Device Type | | Package | | |
| | C | P | M | CF | C | P | M | CF | C | P | M | CF | C | P | M | CF | C | P | M | CF | |
| 1 | SN54LS374 | | | | | | | | SN54LS374 | | | | | | | | | | | | |
| | SN74LS374 | | | | | | | | SN74LS374 | | | | | | | | | | | | |
| FAIRCHILD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NSC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PHILIPS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIGNETICS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MITSUBISHI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Electrical Characteristics SN54LS374/SN74LS374

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | | |
|-------------------------|----|--------------------------------------|--------|----------------|
| Supply voltage V_{CC} | 7V | Operating free-air temperature range | SN54LS | -55°C to 125°C |
| Input voltage | 7V | Storage temperature range | SN74LS | 0°C to 70°C |
| | | | | -65°C to 150°C |

recommended operating conditions

| | SN54LS374 | | | SN74LS374 | | | UNIT |
|--------------------------------------|-----------|-----|------|-----------|-----|------|---------|
| | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| Supply voltage V_{CC} | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| high-level output voltage V_{OH} | | | -400 | | | -400 | μ A |
| high-level output current I_{OH} | | | 16 | | | 16 | mA |
| width of clock enabling pulse t_w | High | 15 | | 15 | | | ns |
| | Low | 15 | | 15 | | | ns |
| Data hold time t_{HD} | | 0 | | 0 | | | ns |
| Setup time t_{SU} | | 20 | | 20 | | | ns |
| Operating free-air temperature T_A | -55 | | 125 | 0 | | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

| PARAMETER | TEST CONDITIONS ¹ | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|-----------|---|---|------|------|---------|
| V_{IH} | high-level input voltage | | 2 | | V |
| V_{IL} | low-level input voltage | | 0.9 | | V |
| V_{IC} | input clamp voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18\text{mA}$ | | -1.5 | V |
| V_{OH} | high-level output voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2\text{V}$, $V_{IL} = V_{IL} \text{ max}$, $I_{OH} = \text{MAX}$ | 2.4 | 3.1 | V |
| V_{OL} | low-level output voltage | $V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2\text{V}$, $V_{IL} = V_{IL} \text{ max}$, $I_{OL} = 24\text{mA}$ | 0.35 | 0.5 | V |
| I_{OH} | 0-state output current high-level voltage applied | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IH} = 2\text{V}$, $V_O = 2.7\text{V}$ | | 20 | μ A |
| I_{OL} | 0-state output current low-level voltage applied | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IH} = 2\text{V}$, $V_O = 0.4\text{V}$ | | -20 | μ A |
| I_I | input current at maximum input voltage | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 7\text{V}$ | | 0.1 | mA |
| I_{IH} | high-level input current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 2.7\text{V}$ | | 20 | μ A |
| I_{IL} | low-level input current | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.4\text{V}$ | | -0.4 | mA |
| I_{OS} | short-circuit output current ² | $V_{CC} = \text{MAX}$ | -30 | -130 | mA |
| I_{CC} | supply current Output control at 1.5V | LS374 | 27 | 40 | mA |

switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

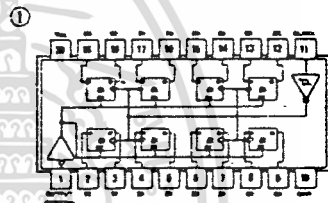
| PARAMETER | FROM (INPUT) | TO (OUTPUT) | TEST CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|-----------|-----------------|-------------|---|-----|-----|-----|------|
| t_{ms} | | | | 35 | 50 | | MHz |
| t_{DHL} | Data | Any D | $C_L = 45\text{pF}$, $R_L = 66\Omega$ See Notes 2 and 3 | | | | |
| t_{DHL} | Clock or enable | Any D | | 15 | 28 | | ns |
| t_{DHL} | Output | Any D | | 19 | 28 | | ns |
| t_{DHL} | Control | Any D | | 20 | 28 | | ns |
| t_{DHL} | Output | Any D | $C_L = 50\text{pF}$, $R_L = 66\Omega$ See Note 3 | | | | |
| t_{DHL} | Control | Any D | | 12 | 20 | | ns |
| t_{DHL} | Control | Any D | | 14 | 25 | | ns |

¹ For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

² All typical values are at $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

³ No more than one output should be shorted at a time and duration of the short circuit should not exceed one second.

Pin Assignment (Top View)



SN54LS374 (J) SN74LS374 (J, N)
SN54LS374 (J) SN74LS374 (J, N)

LS374, LS374
FUNCTION TABLE

| OUTPUT CONTROL | CLOCK | D | OUTPUT |
|----------------|-------|---|--------|
| L | ↑ | H | H |
| L | ↑ | L | L |
| L | L | X | Q_0 |
| H | X | X | Z |

NOTE 2 Maximum clock frequency is tested with all outputs disabled.
3 See test circuits and waveforms on page 3-11.

t_{ms} = maximum clock frequency
 t_{DHL} = propagation delay time low-to-high-level output
 t_{DHL} = propagation delay time high-to-low-level output
 t_{DHL} = output enable time to high level
 t_{DHL} = output enable time to low level
 t_{DHL} = output enable time from high level
 t_{DHL} = output enable time from low level