# เครื่องตรวจสอบคุณสมบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

# Electronics Device Characteristic Analyzer


โดย

นายฉัตรชัย วงกตศิลา

นายพงศ์ศักดิ์ ทัศนสุนทรวงศ์


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์สำหรับภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2537

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง

# เครื่องตรวจสอบคุณสมบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

# Electronics Device Characteristic Analyzer

ผู้จัดทำ

นายนัตรชัย วงกตศิลา

นายพงศ์ศักดิ์ ทัศนสุนทรวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

( รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เครื่องตรวจสอบคุณสมบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

# ELECTRONIC DEVICE CHARACTERISTIC ANALYZER

โดย นายฉัตรชัย วงกตศิลา
นายพงศ์ศักดิ์ ทัศนสุนทรวงศ์
ที่ปรึกษา รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์

## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอเครื่องตรวจสอบคุณสมบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วย วงจรฮาร์ดแวร์ และซอฟแวร์ ส่วนของฮาร์ดแวร์ จะเป็นวงจรอินเตอร์เฟส กับคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่แปลงลอจิก ให้เป็นระดับแรงดัน หรือกระแสป้อนให้อุปกรณ์ที่ทดสอบ พร้อมกับการส่งข้อมูลเป็นลอจิก ป้อนกลับเข้าคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม และในส่วนของซอฟแวร์ ซึ่งเขียนด้วยภาษาแอสแซมบลี จะทำหน้าที่ ควบคุมฮาร์ดแวร์, ส่งและรับข้อมูล และแสดงผลการทดสอบ เป็นรูปกราฟคุณสมบัติ ของแรงดันและกระแส บนจอมอนิเตอร์ ความสามารถของเครื่องทดสอบ ในการจ่ายแรงดันได้สูงสุด $\pm$ 10 โวลท์ และกระแส $\pm$ 100 มิลลิแอมป์ สามารถปรับเปลี่ยน ให้มีขนาดลดลงได้ ทั้งทางฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ หรือปรับควบคู่กัน

## Abstract

This project presents Electronics Device Characteristic Analyzer, including hardware and software. The hardware is the circuit interface with computer for converting logic to voltage or current level to the device needed to be tested, and sending logic level data back to computer by serial port. The assembly language saftware controls hardware, sends and recieves data, and displays V-I graph characteristic on monitor. The qualification of maximum voltage range of the tester is $\pm$ 10 volts and maximum current range is $\pm$ 100 milliampare at full load test. The user can adjust the voltage range and the current range in hardware, software or both.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งเป็นผู้ให้แนวคิดโครงการนี้ โดยท่านได้ให้ความสะดวก ในการใช้อุปกรณ์ทดลอง และอาจารย์เทอดศักดิ์ ลิ่วหาทอง ที่ให้คำปรึกษา แนวคิดในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งท่านอาจารย์ ดร.กิตติพล ชิตสกุล ที่ได้ให้ข้อมูลทาง ด้าน Software และให้คำปรึกษามาโดยตลอด จนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทนำ | 1 |
| บทที่ 1 หน้าที่การทำงานของฮาร์ดแวร์ | |
| การทำงานของเครื่องตรวจสอบคุณสมบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ | 2 |
| การตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ | 7 |
| บทที่ 2 การเขียนโปรแกรมควบคุมฮาร์ดแวร์ | |
| การ Initial Serial Port | 12 |
| การส่งและรับข้อมูลร่วมกับฮาร์ดแวร์ | 12 |
| วิธีการปรับเปลี่ยนแรงดันหรือกระแสให้อุปกรณ์ | 13 |
| การตรวจสอบข้อมูลเพื่อหลีกเลี่ยง Noise | 14 |
| วิธีการแสดงผลรูปกราฟ | 16 |
| การจัดการด้วย Mouse | 17 |
| การจัดการกับแฟ้มข้อมูล | 22 |
| การติดต่อกับเครื่องพิมพ์ | 24 |
| การไหลเวียนข้อมูล | 29 |
| บทที่ 3 การทดลอง และ ผลการทดลอง | |
| ผลการทดลอง | 30 |
| บทสรุป | 38 |
| ภาคผนวก ก. วงจรและลายวงจรพิมพ์ | 39 |
| ภาคผนวก ข. Flow chart ของโปรแกรม Curve Tracer. | 53 |
| ภาคผนวก ค. Printer Control Code | 58 |
| ภาคผนวก ง. Register bit setting of Serial Port | 69 |
| ภาคผนวก จ. ข้อมูลไอซี | 73 |
| บรรณานุกรม | 132 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทนำ

ในสายงานอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะด้านการออกแบบวงจร จะต้องคลุกคลีกับอุปกรณ์มากมาย เพื่อให้ผลงานที่ทำออกมามีประสิทธิภาพ คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ จะเป็นปัจจัยสำคัญมากอันหนึ่ง ที่ช่วยให้การออกแบบถูกต้องสมบูรณ์ โดยเฉพาะอุปกรณ์พวกทรานซิสเตอร์ จะขาดกราฟคุณสมบัติไม่ได้ ซึ่งนักออกแบบทั่วไป อาจจะหาดูได้จาก คู่มือ (Databook) ทั่วไป แต่คงจะยืนยันเป็นที่แน่นอนไม่ได้ว่า คุณสมบัติที่แท้จริง ของอุปกรณ์นั้น ๆ ซึ่งใช้อยู่จะมีคุณสมบัติตรงกับคู่มือหรือไม่

เครื่องทดสอบคุณสมบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Curve Tracer) ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ จะเป็นเครื่องมือ ช่วยเหลือในการดูกราฟคุณสมบัติ เฉพาะตัวของอุปกรณ์ได้ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่อินเตอร์เฟส กับคอมพิวเตอร์ สามารถ Plot Graph บนจอมอนิเตอร์ ให้เห็นคุณสมบัติ ในเชิง V-I Curve ได้อย่างชัดเจน ช่วยให้ผู้ออกแบบ เลือกจุดทำงานได้ง่ายขึ้น

คุณสมบัติเฉพาะตัว ของเครื่องทดสอบ นอกจากจะแสดงผลเป็นรูปกราฟแล้ว ยังสามารถเก็บข้อมูลของอุปกรณ์แต่ละตัว ในรูปของไฟล์ หรือพิมพ์ลงบนกระดาษ พร้อมกับการคำนวณขนาดของกระแส ในแต่ละช่วงบนรูปกราฟ ในรูปของเปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับค่าสูงสุด ที่ตัวฮาร์ดแวร์ตั้งเอาไว้ เปรียบเทียบกับขนาดที่ตั้งควบคุม บนตัวซอฟแวร์ควบคู่กัน

## วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อสร้างเครื่องมือ ในการตรวจสอบ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. เป็นการศึกษา การอินเตอร์เฟสระหว่างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ กับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรม และการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาแอสแซมบลี
3. เพื่อเป็นพื้นฐานในการนำไปประยุกต์ และพัฒนาความสามารถต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1 หน้าที่การทำงานของฮาร์ดแวร์

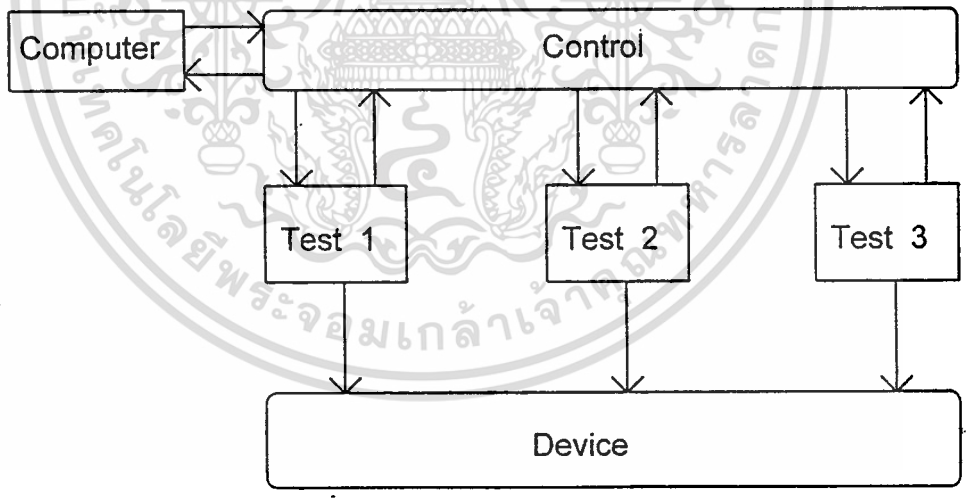
## การทำงานของเครื่องตรวจสอบคุณสมบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

**โครงงานนี้ประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ 3 ส่วน ด้วยกันคือ**

1. Computer เป็นส่วน Setup เชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานกับวงจร Test ก่อนที่จะทำการทดสอบอุปกรณ์ ผู้ใช้จะต้องทำการ Setup ค่าต่าง ๆ ให้ถูกต้องก่อน และเมื่อเริ่มทำการทดสอบอุปกรณ์ Computer จะส่งข้อมูล ไปยังวงจร test โดยผ่านภาค Control เพื่อ bias อุปกรณ์ และผลการทดสอบอุปกรณ์ก็จะถูกส่งกลับมายัง Computer โดยผ่านภาค Control เพื่อแสดงผลต่อไป

2. ส่วน Control ทำหน้าที่รับข้อมูลจาก Computer จัดเป็นชุด ๆ แบ่งเป็นค่ากระแสและแรงดัน เพื่อส่งให้กับวงจร test และรับค่าจากวงจร test ส่งให้ Computer นำไปแสดงผล โดย RS 232 ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อข้อมูล

3. ส่วน Test เป็นส่วนที่ใช้วัดอุปกรณ์จริง ๆ ดังนั้น สัญญาณต่าง ๆ ในวงจรนี้จะเป็น Analog ทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย IC ADC7574 และ IC DAC08 ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital และ Digital เป็น Analog ตามลำดับ




**รูปที่ 1.1** โครงสร้างการเชื่อมต่อระหว่างภาคต่าง ๆ

### การทำงานภาค Control

การรับและส่งข้อมูล โดยชุดควบคุมส่วนนี้จะรับข้อมูลจาก Computer ผ่าน RS 232 ซึ่งประกอบด้วยวงจรหลัก ที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. วงจรส่วนการแปลงข้อมูล จากอนุกรมเป็นขนาน ซึ่งประกอบด้วย IC 74HC164 ทำหน้าที่ในการเลื่อนข้อมูล และ IC 74HC574 ทำหน้าที่ในการ Latch ข้อมูลไว้ จากรูปวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล จาก Computer จะผ่าน RS 232 มาที่ขา 1 ของ IC 74HC164 ตัวแรกจะเลื่อนไปทางขวาทีละบิทตาม Clock pulse ที่เข้ามาจนครบ 8 บิททั้ง 4 ชุด และได้รับการ Latch ข้อมูลโดย IC 74HC574 และส่งข้อมูลแบบขนานไปยังส่วนของวงจร Test เมื่อได้รับ Clock pulse มาที่ขา 11

2. วงจรส่วนการแปลงข้อมูลจากขนานเป็นอนุกรม ที่ประกอบด้วย IC 74HC165 โดยจะทำการ Load data เมื่อ S/L ขา 1 ได้รับ High และข้อมูลจะได้รับการ Shift ไปทีละบิท ตาม Clock pulse ความถี่ Baud rate 9600 bps ที่เข้ามาทางขา 2 จนครบ 8 บิท ทั้ง 4 ชุด โดยข้อมูลจะเลื่อนไปทีละบิท จากขา 9 ของ IC 74HC165 ตัวสุดท้ายทางขวา ไปยัง Computer โดยผ่าน RS 232

3. วงจรสร้าง Clock pulse เพื่อควบคุมการทำงานของ IC 74HC164, 74HC574 และ 74HC165 วงจรส่วนนี้ประกอบด้วย IC 74HC4040 และ 74HC161 และเกทต่าง ๆ IC 74HC4040 ทำงานในลักษณะหารความถี่ ที่เข้ามาทางขา 10 จากวงจร IC74HC4040 #U31

จะได้รับ Clock pulse จากการ Osillate ความถี่ 4.9152 MHz เข้าที่ขา 10 ได้ IC 74HC165 และความถี่ 1.2288 MHz ทางขา 7 ส่งไปยัง IC 74HC4040 #U30 โดยผ่านแนนท์เกท U3:C และนอทร์เกท U3:B ที่จะทำงานร่วมกับเกทต่าง ๆ เพื่อเป็น Clock pulse ให้ IC 74HC164 ซึ่งตรงจุดนี้จะต้องมีความถี่ สัมพันธ์กับข้อมูลที่เข้ามา การเริ่มและหยุดทำงาน จะสัมพันธ์กับข้อมูลที่เข้ามา ซึ่งจะทำให้ การรับและส่งข้อมูล ทำได้ถูกต้อง ส่วนวงจรที่ควบคุมในจุดนี้ คือแนนท์เกท U24:A ทำหน้าที่ในการ CLR ให้ 74HC4040 #U30 และเป็น Input วงจร RS - FLIP-FLOP ซึ่งประกอบด้วย แนนท์เกท U2:A และ U2:B จากวงจร จะเห็นว่าเมื่อมีข้อมูลเข้ามาส่วนหนึ่ง จะนำมาใช้ในวงจรควบคุมนี้ด้วย โดยผ่านนอทซ์เกท U1:B และวงจร RS-FF ดังนั้นสัญญาณที่เข้ามายังวงจร RS-FF นี้ประกอบด้วยข้อมูล INPUT ทาง R และสัญญาณ CLR จาก U24:A เข้าทางขา S โดย Output ของ RS-FF นี้จะเป็น Clock pulse ไปยัง INPUT ของแนนท์เกท U2:C ซึ่งจะควบคุมให้ความถี่ 1.2288 MHz ผ่านไปยัง 74HC4040 #U30 เมื่อสัญญาณ Clock pluse เป็น High เท่านั้น และส่วนหนึ่งจะผ่าน นอทร์เกท U3:A เป็น Clock pulse ให้ 74HC161 จะทำหน้าที่ในการนับ pulse ที่เข้ามาครบ 4 ลูก จะได้ pulse จากขา 15 1 ลูก เพื่อเป็น Clock pulse ให้ IC 74HC574 ในการ Lacth ข้อมูล และในการ Shift/Load ข้อมูลของ 74HC165

## การทำงานภาค Test

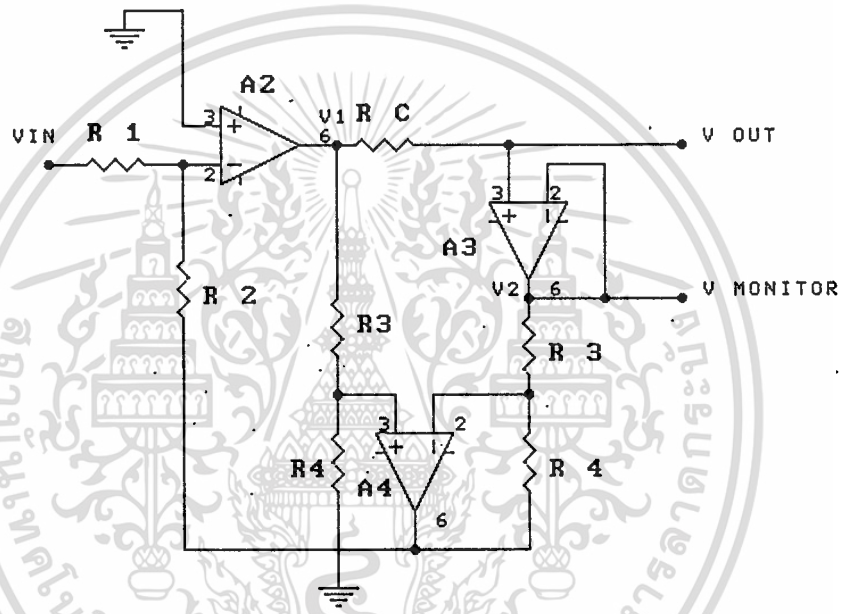
เนื่องจากวงจรภาคนี้ทำงานเป็น Analog ทั้งสิ้น ดังนั้นสัญญาณ Digital จากภาค Control circuit ที่ส่งมาแบบขนาน จะได้รับการแปลงเป็นสัญญาณ Analog โดย IC DAC08 (Digital to Analog convertor) สัญญาณ Analog นี้จะผ่านวงจร Bias อุปกรณ์ซึ่งมีการทำงานเป็น 2 โหมด คือ โหมดการ Bias แรงดัน VSCM (Voltage Source Current Monitor) และโหมด Bias กระแส CSVM (Current Source Voltage Monitor) ซึ่งรายละเอียดเราจะกล่าวถึง ในลำดับต่อไป ผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจาก Bias นี้จะอยู่ในรูปของ Vm (Vmonitor) ซึ่งจะได้รับการแปลงจาก Analog

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น Digital โดย IC AD7574 (Analog to Digital Convertor) เพื่อส่งไปยัง Computer โดยผ่านภาค Control Circuit

## การทำงานในโหมด CSVM

OP 2 ทำหน้าที่ขยายแบบ Non-Inverting Amplifier โดย OP4 ทำหน้าที่ขยายแบบ Differenctial Amp. และ OP3 ทำหน้าที่เป็น Buffer ดังรูป 1




รูปที่ 1.2 Current Source Voltage Monitor

เราสามารถพิจารณาหาสมการ Iout และ Vmonitor ได้ดังนี้

พิจารณา node V2

$$V_2 = 0 \quad ; \quad \frac{V_2 - V_{IN}}{R_1} + \frac{V_2 - V_5}{R_2} = 0$$

$$\frac{VIN}{R_1} + \frac{V_5}{R_2} = 0 \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา node V3

$$V_3 \quad ; \quad \frac{V_3 - V_1}{R_3} + \frac{V_3}{R_4} = 0$$

$$V_3 = \frac{R_4 \, V_1}{R_3 + R_4}$$

$$V4 \quad ; \quad \frac{V4 - Vout}{R3} + \frac{V4 - V5}{R4} = 0$$

$$V4\left[\frac{R3 + R4}{R3 \, R4}\right] = \frac{Vo}{R3} + \frac{V5}{R4} \qquad (2)$$

แทนค่า $V4 = V3 = \frac{R4 \, V1}{R3 + R4}$ ในสมการ (2)

$$\left[\frac{R4 \, V1}{R3 + R4}\right]\left[\frac{R3 + R4}{R3 \, R4}\right] = \frac{Vo}{R3} + \frac{V5}{R4}$$

$$V5 = \frac{R4 \, (V1 - Vo)}{R3}$$

จากวงจร $V1 - Vo = Iout \, Rc$

∴ จะได้ว่า $V5 = \frac{Rc \, R4 \, Iout}{R3}$ แทนใน (1)

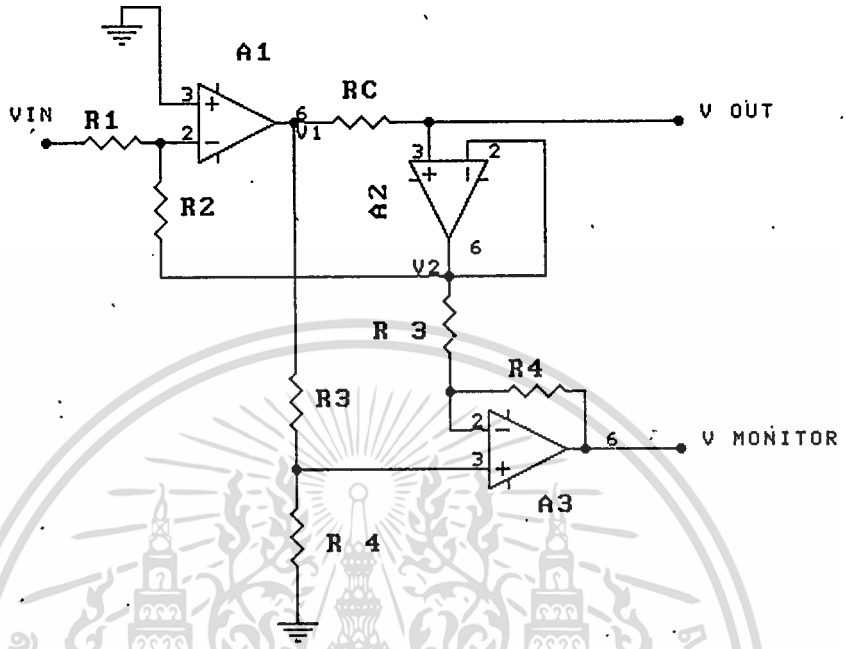
$$\frac{Vin}{R1} + \frac{Rc \, R4 \, Iout}{R3} = 0$$

$$Iout = -\frac{R2 \, R3 \, Vin}{Rc \, R4 \, R1}$$

$$Vmonitor = Vout$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทำงานในโหมด VSCM




**รูปที่ 1.3** วงจร Voltage Source Current Monitor

พิจารณา Node V2

$$V2 = 0 \quad ; \quad \frac{V2 - Vin}{R1} + \frac{V2 - Vo}{R2} = 0$$

$$Vout = -\frac{R2\ Vin}{R1} \qquad (1)$$

พิจารณา Node V4

$$V4 \quad ; \quad \frac{V4 - V1}{R3} + \frac{V4}{R4} = 0$$

$$V4 = \frac{R4\ V1}{R3 + R4} \qquad (2)$$

พิจารณา Node V3

$$V3 \quad ; \quad \frac{V3 - Vo}{R3} + \frac{V3 - Vmonitor}{R4} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V3\left[\frac{R3+R4}{R3\,R4}\right] = \frac{Vmonitor}{R4} + \frac{Vo}{R3} \quad (3)$$

จาก $V4 = V3 = \frac{R4\,V1}{R3+R4}$ แทนใน (3)

$$\frac{R4\,V1}{R3+R4} \cdot \frac{R3+R4}{R3\,R4} = \frac{Vmonitor}{R4} + \frac{Vo}{R3}$$

$$Vmonitor = \frac{R4\,(V1-Vo)}{R3} \quad (4)$$

จากวงจร $V1 - Vo = Iout\,Rc$ แทนค่าใน (4)

$$\frac{Iout\,Rc}{R3} = \frac{Vmonitor}{R4}$$

$$Vmonitor = \frac{Rc\,R4\,Iout}{R3}$$

สรุป การทำงานในโหมด CSVM เราจะได้

$$Iout = -\frac{R2\,R3\,Vin}{Rc\,R4\,R1}$$

$$Vmonitor = Vout$$

การทำงานในโหมด VSCM เราจะได้

$$Vout = -\frac{R2\,Vin}{R1}$$

$$Vmonitor = \frac{Rc\,R4\,Iout}{R3}$$

## การตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

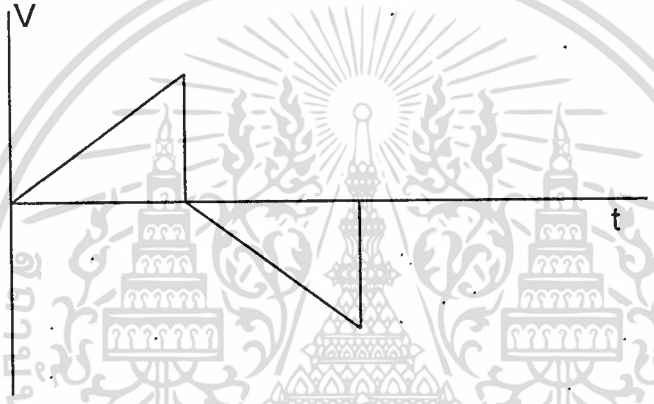
ในการอธิบายวิธีการตรวจสอบนั้น จะขอกล่าวถึง อุปกรณ์ที่สำคัญเพียง 2 ชนิด คือ Zener diode และ Transistor ชนิด NPN เพื่อให้เข้าใจง่าย และเป็นแนวทางเพียงพอครอบคลุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจสอบ Zener diode bias แบบ Positive & Negative

การตรวจสอบ Zener diode นั้น เราจะใช้แผงในการทดสอบเพียง 2 ชุด ชุดแรกไปยัง Computer โดยผ่านภาค Control เพื่อแสดงผล ในส่วนชุดที่สองจะมีการ Bias Voltage คือทำงานใน โหมด VSCM เช่นกัน แต่จะมีแรงดันคงที่เป็น 0 เสมอ เพื่อทำหน้าที่เป็นกราวด์เสมือน

วิธีการไบอัส แบบ Positive & Negative Zener diode จะได้รับการ Bias Voltage แบบ Positive ก่อน ซึ่งจะมีเปลี่ยนแปลงแรงดัน จาก 0 ถึง + 10 โวลท์ ขั้นต่อไปเป็นการ Bias voltage แบบ Negative ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน จาก 0 ถึง -10 โวลท์ เราสามารถแสดงการ Bias Voltage ได้ดังรูป



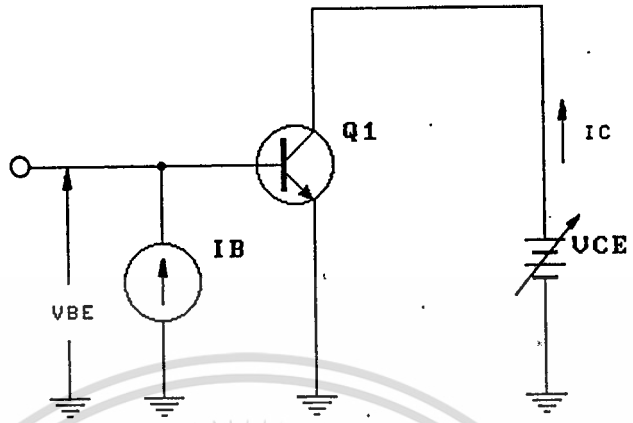

**รูปที่ 1.4** การไบอัส แรงดัน

Computer จะทำการแสดงผล จากข้อมูลที่รับเข้ามา ในรูปของ Characteristic ของ Zener diode

## การตรวจสอบ Transistor ชนิด NPN Bias แบบ Positive & Nagative

ในการตรวจสอบ Transistor ชนิด NPN เราจะใช้แผงในการ Bias ทั้งสิ้น 3 แผง แผงแรกทำงานในโหมด CSVM ซึ่งเป็นการ Bias current ทำหน้าที่แหล่งจ่ายกระแส Ib ให้ transistor แผงที่สองทำงานในโหมด VSCM ซึ่งเป็นการ Bias Voltage ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายแรงดัน Vc ให้ Transistor ซึ่งแรงดัน Vmonitor ในแผงที่สองนี้ จะส่งไปยัง Computer โดยผ่านภาค Control เพื่อแสดงผลหลังจากที่ทำการ Test เสร็จแล้ว ในแผงที่สามจะทำงานในโหมด VSCM โดยมีแรงดันเป็น 0 เสมอซึ่งจะทำหน้าที่เป็นกราวด์เสมือนให้ Transistor เราสามารถแสดงการ ไบอัส ทรานซิสเตอร์ได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

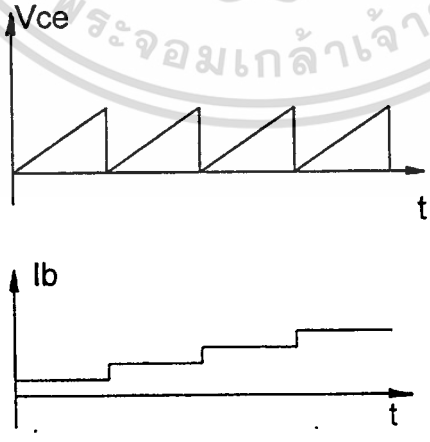



รูปที่ 1.5 การไบอัสทรานซิสเตอร์

**วิธีการไบอัสแบบ Positive & Negative**

**Positive bias**

กระแส Ib จะเพิ่มขึ้นทีละ step โดยแต่ละ step จะมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน Vce จาก 0 ถึง + 10 โวลท์ เราสามารถแสดงการไบอัสกระแสและแรงดันได้ดังรูป

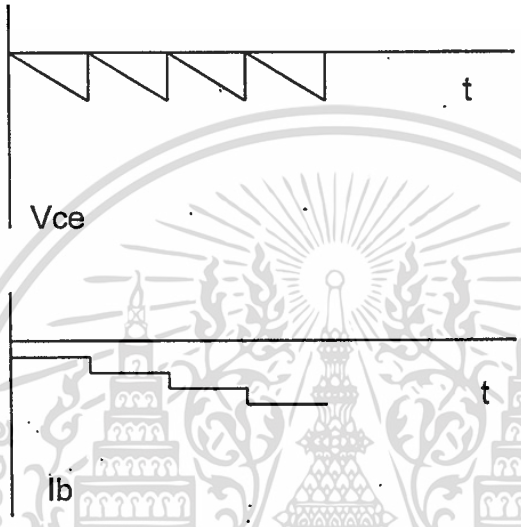



รูปที่ 1.6 การไบอัสกระแสและแรงดันช่วง Positive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
034974

**Negative bias**

การ Test ในช่วง Negative เป็นกระบวนการป้อนกระแสหรือแรงดันแบบ Reverse bias โดยกระแส Ib จะลดลงทีละ Step โดยเริ่มจาก 0 โวลท์ ลดลงทางด้านลบเป็น Step ตาม setup ที่ Set ไว้ในโปรแกรมก่อนทำการ Test โดยในแต่ละ step จะมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันจาก Voltage source VCE โดยเปลี่ยนแปลงทางลบ คือ จะลดลงจาก 0 โวลท์ถึง 10 โวลท์ เราสามารถแสดงการไบอัสกระแสและแรงดันได้ดังรูป




**รูปที่ 1.7** การไบอัสกระแสและแรงดัน ช่วง Negative

ข้อควรระวังเมื่อทำการ test แบบ Negative คือการใช้แรงดันหรือกระแสสูงเกินไป จ่ายให้อุปกรณ์ ซึ่งอาจทำให้เสียหายได้ โดยเฉพาะอุปกรณ์ประเภท transistor เมื่อต้องการ test แบบ Negative ควรตั้งค่า Ib-step และค่า Ib-class น้อย ๆ ก่อน หรือไม่ควร Test แบบ Negative หลาย ๆ ครั้งติดต่อกัน เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์เนื่องจากความร้อน

## การปรับค่าของเอาท์พุท

**โหมด CSVM**

R1 จะทำหน้าที่ในการกำหนด Range อย่างกว้างให้กระแสไบอัสทาง Output และ Rc จะทำหน้าที่ปรับ Rangeให้ละเอียดขึ้นอีก ตัวอย่างเช่นจากตาราง เราเลือกค่า $R_1$ = 40 จะได้ Range ของกระแสไบอัส ทาง output = 50 mA และถ้าเราเลือก $R_1$ = 50k, Rc = 100 จะได้ Range ของกระแสไบอัสทาง Output = $\pm$ 2 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกค่า $R_1$ และ Rm จะมีความสัมพันธ์กันคือจะต้องเลือกให้เท่ากัน เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งไปยัง computer มีความถูกต้อง

| Output current | | | | | | Voltage monitor | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R1SW | R1 | CS | Ratio | RcSW | Rc | RmSW | Rm | VM |
| 1 | 10kΩ | ± 100 mA | 1 | 1 | 10Ω | 1 | 10kΩ | ± 10V |
| 2 | 20kΩ | ± 50 mA | 1/2 | 2 | 20Ω | 2 | 20kΩ | ± 5V |
| 3 | 50kΩ | ± 20 mA | 1/5 | 3 | 50Ω | 3 | 50kΩ | ± 2V |
| 4 | 100kΩ | ± 10 mA | 1/10 | 4 | 100Ω | 4 | 100kΩ | ± 1V |
| 5 | 200kΩ | ± 5 mA | 1/20 | 5 | 200Ω | 5 | 200kΩ | ± 0.5V |
| 6 | 500kΩ | ± 2 mA | 1/50 | 6 | 500Ω | 6 | 500kΩ | ± 0.2V |
| 7 | 1MΩ | ± 1 mA | 1/100 | 7 | 1kΩ | 7 | 1MΩ | ± 0.1V |
| 8 | 2MΩ | ± 500 μA | 1/200 | 8 | 2kΩ | 8 | 2MΩ | ± 0.05V |

ตารางที่ 1.1 แสดงการปรับค่าในโหมด CSVM

**โหมด VSCM**

$R_1$ จะทำหน้าที่ในการกำหนด Range ให้แรงดันไบอัสทาง Output เช่น จากตารางถ้าเลือก $R_1$ จะได้ Range ของ Voltage bias ทาง Output ± 5V

Rc จะทำหน้าที่กำหนด Range ให้กระแสทาง Output เช่น จากตาราง เราเลือก Rc =100 กระแสของ Output จะอยู่ในช่วง ± 10 mA

การปรับ Rm จะต้องสัมพันธ์กัน $R_1$ คืออยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เพื่อให้แรงดัน Vm เป็นข้อมูลให้ Computer มีความถูกต้อง

| Output voltage | | | Current monitor | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R1SW | R1 | VS | RcSW | Rc | CM | Ratio | RmSW | RM |
| 1 | 10kΩ | ± 10V | 1 | 10Ω | ± 100 mA | 1 | 1 | 10kΩ |
| 2 | 20kΩ | ± 5V | 2 | 20Ω | ± 50 mA | 1/2 | 2 | 20kΩ |
| 3 | 50kΩ | ± 2V | 3 | 50Ω | ± 20 mA | 1/5 | 3 | 50kΩ |
| 4 | 100kΩ | ± 1V | 4 | 100Ω | ± 10 mA | 1/10 | 4 | 100kΩ |
| 5 | 200kΩ | ± 0.5V | 5 | 200Ω | ± 5 mA | 1/20 | 5 | 200kΩ |
| 6 | 500kΩ | ± 0.2V | 6 | 500Ω | ± 2 mA | 1/50 | 6 | 500kΩ |
| 7 | 1MΩ | ± 0.1V | 7 | 1kΩ | ± 1 mA | 1/100 | 7 | 1MΩ |
| 8 | 2MΩ | ± 0.05V | 8 | 2kΩ | ± 500 μA | 1/200 | 8 | 2MΩ |

ตารางที่ 1.2 แสดงการปรับค่าในโหมด VSCM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2 การเขียนโปรแกรมควบคุมฮาร์ดแวร์

## การ Initial Serial Port

การติดต่อผ่าน Serial Port จำเป็นต้องมีการเตรียมความพร้อม ให้ถูกต้อง เนื่องจากพอร์ตอนุกรมนั้น สามารถติดต่อกับภายนอกได้หลายลักษณะ โดยเฉพาะเกี่ยวกับความเร็ว (Baud Rate) ในการส่ง-ถ่ายข้อมูล รวมทั้งลักษณะการป้องกันความผิดพลาดของข้อมูลด้วย จึงทำให้ต้องมีการ Initial ก่อน ที่จะส่งหรือรับข้อมูล

วิธีการ Initial คือการส่งค่า Control word ไปที่หมายเลข Port ซึ่งใช้สำหรับการ Initial สำหรับโปรแกรม Curve Tracer จะใช้ Baud rate 9600 ไม่มี Parity, 1 Stop bit และ ความยาวข้อมูลเท่ากับ 8 บิท ซึ่งรวมแล้วจะเป็นค่า 073H ค่านี้จะถูกส่งออกไปที่พอร์ต หมายเลข 3FBH สำหรับ COM1 หรือ ช่องสื่อสารอื่น ๆ ดังนี้

| | COM1 | COM2 | COM3 | COM4 |
|---|---|---|---|---|
| Port address | 3F8h-3FFh | 2F8h-2FFh | 3E8h-3EFh | 2E8h-2EFh |
| Enable Reg. | 3F9h | 2F9h | 3E9h | 2E9h |
| Identification Reg. | 3FAh | 2FAh | 3EAh | 2EAh |
| Line control Reg. | 3FBh | 2FBh | 3EBh | 2EBh |
| Line status Reg. | 3FDh | 2FDh | 3EDh | 2EDh |

ตารางที่ 2.1 แสดงหมายเลขพอร์ต สำหรับรีจิสเตอร์ต่าง ๆ

สำหรับค่าต่าง ๆ ใน Register ซึ่งต้องใช้ในการ Initial สามารถดูเพิ่มเติมได้จาก ภาคผนวกตอนท้ายเล่มซึ่งจะไม่กล่าวถึงในที่นี้

## การส่งและรับข้อมูลร่วมกับฮาร์ดแวร์

หลังจากที่ทำการ Initial Port เสร็จแล้ว การส่งและรับข้อมูล ก็สามารถทำได้ทันที สำหรับโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา Assembly การส่งและรับ สามารถทำได้ 2 แบบ ซึ่งอาจ เรียกได้ว่าเป็นแบบ High Level และ Low level การรับ-ส่งข้อมูล แบบ High level จะกระทำการ ผ่านฟังก์ชั่นอินเตอร์รัพ ที่หมายเลข 14 ของไบออส ส่วน Low level จะมีลักษณะ จัดการเองทั้งหมดคือใช้วิธี in และ out ข้อมูลผ่านออกไปทาง หมายเลขพอร์ต โดยตรง จากการทดลอง ทั้ง 2 วิธีพบว่า การใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี Low level จะประหยัดเวลาได้มากกว่า โปรแกรม Curve Tracer จึงเลือกใช้วิธีการ Low level ในการติดต่อกับฮาร์ดแวร์

จากลักษณะของวงจรฮาร์ดแวร์ ซึ่งจะ Latch ให้ข้อมูลผ่านไปเข้าวงจร D/A และ A/D เมื่อข้อมูลมีครบ 4 ชุดแล้วนั้น ทำให้ส่วนของ Software ต้องทำการส่งและรับ ข้อมูลครั้งละ 4 ชุดด้วย ในที่นี้คือ 4 อักขระนั่นเอง ซึ่งจะประกอบด้วย Control word และข้อมูลที่จะป้อนให้กับขาต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่ตรวจสอบอีก 3 ชุด โดยส่งต่อเนื่องออกไป ครั้งละ 4 อักษร แล้วโปรแกรมจะไปทำหน้าที่รับข้อมูลจนครบ 4 อักษร แล้วจึงกลับมาเริ่มต้นส่งใหม่ สลับกันไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะเสร็จการทดสอบนั้น ๆ

ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ในขณะที่มีการ รับ-ส่งข้อมูล คือเรื่องของการรอคอย (Dead Lock) โดยเฉพาะช่วงการรับข้อมูล ซึ่งต้องมีการรับข้อมูลให้ครบ 4 ชุด จึงจะออกไปทำงาน อย่างอื่นต่อได้ ในกรณีที่ฮาร์ดแวร์ผิดพลาด เช่นส่งข้อมูลกลับ 2 ชุดเท่านั้น จะทำให้ Software หยุดรออย่างไม่รู้จบ ปัญหานี้โปรแกรม Curve Tracer ได้มีการป้องกันด้วยการ ตรวจสอบ รอบการวนเวียน รับข้อมูล ที่ระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งนานพอจะรู้ว่า มีความผิดพลาดขึ้นก็จะ ออกจากการรอ และแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบถึงจุดผิดพลาด ที่เกิดขึ้นทันที ทำให้การ รับ-ส่งข้อมูลถูกต้อง และถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้น ผู้ใช้ก็จะทราบด้วยเช่นกัน

## วิธีการปรับเปลี่ยนแรงดันหรือกระแสให้กับอุปกรณ์

จากลักษณะของวงจรไบอัส ซึ่งได้อธิบายการทำงาน มาก่อนหน้านี้แล้วนั้น จะเห็นว่า การทดสอบอุปกรณ์ชนิดใด ๆ ขึ้นอยู่กับการปรับเปลี่ยนแรงดัน หรือกระแสที่ป้อนให้กับอุปกรณ์ ซึ่งจะต้องควบคุมข้อมูลเหล่านี้ด้วย Software ซึ่งรวมถึงช่วงเวลา ระยะห่างของการป้อนข้อมูลด้วย เนื่องจากอุปกรณ์บางชนิด อาจจะต้องใช้เวลาในการอุ่นระยะหนึ่ง เพื่อให้การทำงาน เป็นไปอย่างถูกต้อง นอกจากนี้เครื่องทดสอบที่ทำขึ้น ยังมีเป้าหมายให้สามารถทดสอบกับอุปกรณ์ ได้หลายชนิด ตัวโปรแกรมจึงต้องมีความยืดหยุ่นสูง ในการปรับเปลี่ยน ลักษณะของข้อมูล ที่ป้อนผ่านเข้าไปในฮาร์ดแวร์ด้วย

จากความต้องการเหล่านี้ทำให้ โปรแกรมจะต้องป้อนข้อมูล ให้กับฮาร์ดแวร์อย่างต่อเนื่อง เป็นระลอก ๆ แตกต่างกัน ตามชนิดของอุปกรณ์ และการให้ไบอัสในแต่ละขาซึ่งจะเห็นว่าบางขาของอุปกรณ์จำเป็นต้องให้ระดับแรงดันคงที่ ทำให้ต้องให้ข้อมูลแบบ Step จนกระทั่งครบรอบการทำงานหนึ่งจึงจะเปลี่ยนระดับ Step ครั้งหนึ่ง โปรแกรมที่ใช้ทำงาน จะมีลักษณะ การประมวลผลสำหรับการตรวจสอบ ทรานซิสเตอร์ ดังนี้

1. ตั้งค่าข้อมูลเริ่มต้น ที่ตำแหน่งศูนย์ทุกค่า
2. โหลดข้อมูล Setup ของขา C (Collector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สร้าง Control word

4. ส่งข้อมูลไปฮาร์ดแวร์

5. ตรวจสอบจำนวนรอบการทำงานของ C หากเกินที่ตั้งค่าไว้ทำขั้นถัดไป ถ้าไม่เกินไปที่ 3

6. เพิ่มค่า Step สำหรับขา B (Base Current)

7. ตรวจสอบจำนวนชั้นของ B หากเกินทำขั้นถัดไป ถ้าไม่เกิน ไปที่ 2

8. แสดงผลรูปกราฟ

9. จบการทำงาน

จากโครงสร้างของโปรแกรมข้างต้น จะเห็นว่า จะมีการส่งข้อมูลในเชิงลาด ไปให้ขา C ของทรานซิสเตอร์ ในขณะที่มีการเพิ่ม Step ให้กับขา B เมื่อมีการป้อนข้อมูลให้ขา C ครบในแต่ละรอบ และมีการตั้งต้นค่าที่ขา C ใหม่ วนรอบไปจนกระทั่ง ครบจำนวนที่ตั้งไว้ จากการ Setup ด้วยวิธีการนี้ ก็จะสามารถทดสอบ ทรานซิสเตอร์ ด้วยค่ากระแสที่ Base ต่าง ๆ กันได้ สำหรับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่ทรานซิสเตอร์ ก็จะสามารถทดสอบด้วยวิธีการเดียวกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ ว่าต้องให้ไบอัสในลักษณะใด

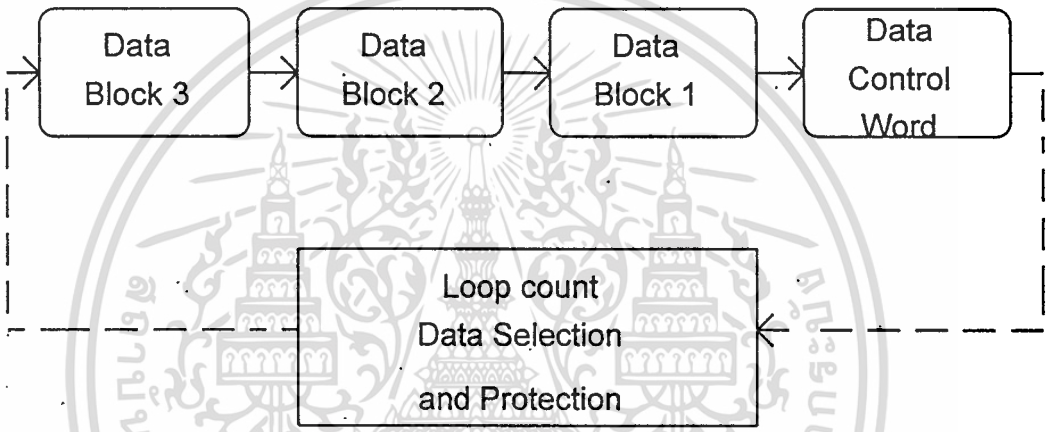
## การตรวจสอบข้อมูลเพื่อหลีกเลี่ยง Noise

เรื่องของสัญญาณรบกวน (Noise) จัดเป็นปัญหาใหญ่ และยุ่งยากต่อการจัดการปัญหาหนึ่ง ของ Curve Tracer โดยเฉพาะตรงส่วนของวงจร ADC (Analog to Digital Converter) และ DAC (Digital to Analog Converter) ซึ่งมีความไวต่อระดับแรงดัน หรือกระแสมาก ๆ จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่าอุปกรณ์ในส่วนนี้ จะต้องใช้ชนิดพิเศษ โดยเฉพาะอุปกรณ์พวก R และ C จากที่กล่าวมาแล้วว่า ความสามารถสูงสุด ในการจ่ายแรงดันเท่ากับ $\pm$10V และกระแสเท่ากับ $\pm$ 100mA เมื่อนำมาใช้กับการปรับเปลี่ยนด้วย โปรแกรมซึ่งมีความละเอียดถึง 256 ค่าในแต่ละช่วง ทำให้การเปลี่ยนแปลง ของแรงดันหรือกระแสเพียงเล็กน้อย มีผลอย่างมากในระบบ Digital ซึ่งในทางปฏิบัติการ Configure ให้ Hardware ทำงาน จะไม่ได้ใช้ค่าสูงสุด แต่จะปรับให้ระดับของแรงดันหรือกระแสลดลงมา เพื่อป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ ซึ่งลักษณะนี้ จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าในแต่ละครั้ง จะละเอียดขึ้น ดังนั้นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ตรงส่วน ADC และ DAC เพียงเล็กน้อยย่อมจะทำให้ ผลที่ได้ผิดพลาดทันที

การป้องกันสัญญาณรบกวนดังกล่าว นอกจากจะพยายามวางตำแหน่ง หรือออกแบบลายวงจรพิมพ์และใช้อุปกรณ์ชนิดพิเศษ ให้ปลอดภัยจาก Noise แล้ว ส่วนของโปรแกรม Curve Tracer ยังมีระบบ ในการเลือกสรรข้อมูล เพื่อป้องกันข้อมูล ที่เกิดจากสัญญาณรบกวนด้วย โดยตรวจสอบผ่าน Control word และวิธีการตรวจนับหมายเลขข้อมูลที่รับได้ ซึ่งทำให้ลดปัญหาของสัญญาณรบกวนลงไปได้อย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรฮาร์ดแวร์ ซึ่งมีวงจรส่วนการ Shift ข้อมูลแบบขนาน ทั้งหมด 4 ชุด ในจำนวนนี้ได้ใช้เป็นส่วนที่ต่อกับ DAC และ ADC 3 ชุด สำหรับตรวจสอบอุปกรณ์ชนิด 3 ขา ซึ่งได้อธิบายการทำงานมาแล้ว ที่เหลืออีกชุดหนึ่งนั้น จะใช้เป็นเส้นทางผ่านของตัว Control word โดย Software จะส่ง Control word นี้เป็นข้อมูล Block แรก ผ่านเข้ามาใน Hardware โดยผ่านเพียงแค่วงจรส่วนแปลง Serial to parallel และส่วนแปลง Parallel to serial เท่านั้น วิธีการตรวจสอบคือ Software จะคอยรับข้อมูลหลังจากส่งครบ 4 ตัวแล้ว โดยดูว่า Control word เริ่มต้นตรงส่วนใด จากนั้นจึงจะเป็นข้อมูลที่แท้จริง ด้วยวิธีการนี้ยังช่วยป้องกันปัญหา ในเรื่องความเร็วของ Computer ต่างเครื่องได้ด้วย




รูปที่ 2.1 Sequence ของการส่งข้อมูลควบคุมผ่านไปยังวงจร Hardware

ตัวโปรแกรม Curve Tracer จะเก็บข้อมูลเข้าไปในบัฟเฟอร์ เฉพาะส่วนของข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการ Plot graph เท่านั้น ส่วนอื่น ๆ จะไม่เก็บเอาไว้ ซึ่งการใช้วิธีนี้ จะทำให้ใช้บัฟเฟอร์ ในการเก็บข้อมูลน้อยลง และขนาดของ Data file เล็กลงไปด้วย จากรูป Block diagram จะพบว่าเมื่อโปรแกรมหาตัว Data control word พบก็จะรู้ได้ว่า ข้อมูลที่ต้องการเป็นตัวที่เท่าไร เช่น ในการทดสอบอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ จะใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่ขา C (Vo) เท่านั้น สำหรับกรณีให้ไบอัสแบบ Common Emitter โดยข้อมูลใน Block ที่ 2 เป็นของขา C ตัวโปรแกรมก็จะเก็บข้อมูลที่ Block นี้เอาไว้เท่านั้น ส่วนอื่น ๆ ของข้อมูลหากมีการแปลี่ยนแปลงเนื่องจากสัญญาณรบกวน ก็จะไม่มีผลกระทบมากนัก

จากการทดลอง ทดสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะ ทรานซิสเตอร์พบว่า กรณีที่ข้อมูลอยู่ในโหมดของกระแส จะได้รับการรบกวนจาก Noise มาก ซึ่งในกรณีนี้คือส่วน Ib เพราะเป็นส่วนที่มีความไวมาก มีค่าในแต่ละสภาวะเป็นไมโครแอมป์ ทำให้ผิดพลาดได้ง่าย การทดสอบอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ จึงไม่จัดไบอัสแบบ Common base เนื่องจากจะต้องใช้ข้อมูล จากกระแสเบส แทนที่จะใช้ค่าของแรงดันขา Collector

## วิธีการแสดงผลรูปกราฟ

การแสดงผลรูปกราฟ เป็นสิ่งที่สำคัญมากของโปรแกรม Curve Tracer เพราะเป็นสิ่งที่ยืนยันผลการทำงาน ความเที่ยงตรงถูกต้อง มากน้อยก็ขึ้นอยู่กับความสามารถ การทำงานในส่วนนี้ โปรแกรมในส่วนนี้ จะจัดการแปลงข้อมูล ที่รับมาจากฮาร์ดแวร์ ซึ่งอยู่ในรูปของตัวเลข มาเปลี่ยนเป็นจุดภาพบนหน้าจอ ควบคู่กับการตรวจสอบ ตำแหน่งของรูป ซึ่งจะต้องเที่ยงตรง นั่นคือ อุปกรณ์ตัวเดียวกัน การทดสอบแต่ละครั้งจะต้องได้รูปกราฟ ที่เหมือนกัน บนตำแหน่งเดียวกัน ทุกสภาวะ และใช้ได้เหมือนกันกับการ Interface ร่วมกับคอมพิวเตอร์ทุก ๆ ตัว

ลักษณะของข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ได้รับ จากฮาร์ดแวร์ จะเป็นอักขระ ASCII ซึ่งแปลงเป็นตัวเลขได้ทั้งหมด 256 ค่า (00-FFH) นั่นคือข้อมูล จะมีความแตกต่างกัน ในแต่ละชุด อยู่ในช่วงตัวเลข 0-255 ค่าเท่านั้น และเนื่องจาก Curve Tracer จะให้ค่ากลาง (ที่ 127 หรือ 7FH) เป็นระดับอ้างอิงมาตรฐานที่ 0 โวลท์ และ 0 แอมป์ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่รับเข้ามาในคอมพิวเตอร์ สามารถแบ่งเป็นช่วงบวกคือค่า 128-255 (7F-FFH) และช่วงลบคือค่า 127-0 (7F-0H) การสร้างภาพแสดงผลจึงอยู่ในกรอบสี่เหลี่ยม กว้างและสูง เท่ากับ 256 จุด แยกแสดงผลได้เป็น 4 ส่วน โดยมีแกนศูนย์ทางแนวนอน และแนวตั้งอยู่ตรงกลาง

### การเกิดรูปภาพบนจอภาพ

ในโหมดกราฟฟิค บนจอภาพ จะพิจารณาเป็นจุด (Pixels) หรืออาจกล่าวได้ว่า จำนวนจุดนั้นขึ้นอยู่กับ จำนวนของเส้นสแกนทางแนวนอนและแนวตั้งตัดกันพอดี ความละเอียดของจอภาพจะขึ้นอยู่กับโหมดการแสดงผล ในขณะนั้น สำหรับโปรแกรม Curve Tracer ใช้โหมดที่ 12 มีความละเอียด 640X484 จุด ใน 1 จอภาพ แสดงผลได้ทั้งอักษรและจุดกราฟฟิค

การเกิดรูปภาพบนจอ จึงเกิดจากการวางจุดต่าง ๆ บนจอภาพ ด้วยสีสรรตามที่ต้องการ เช่น เส้นตรง จะเกิดจากการวางจุดต่าง ๆ เรียงต่อกันไปในแนวเดียวกัน ทำให้เห็นเป็นเส้นตรงได้ ด้วยวิธีการนี้ก็จะนำมาแสดงผลเป็นรูปกราฟ ในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยใช้ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์อ่านจากฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นค่าตัวเลข ในทิศทางเดียว โปรแกรมจึงต้องคำนวณ จำนวนข้อมูลเพื่อให้ทราบว่า ข้อมูลที่กำลังใช้อยู่นั้น เป็นตัวที่เท่าไรควรมีค่าในแนวตั้งที่ค่าเท่าไร ก็จะได้เป็นรูปกราฟเป็นเส้น ๆ เรียงกันไป ทั้งนี้รูปกราฟจะละเอียดหรือไม่ จะขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลที่รับเข้ามา ซึ่งส่งผลจากตอนที่ RUN TEST ว่าสั่งให้โปรแกรมทดสอบอุปกรณ์ด้วยค่าเท่าไรบ้าง

การวางจุดเพื่อสร้างภาพบนจอแสดงผล จะใช้อินเตอร์รัพต์ที่ 10 ของไบออส ฟังก์ชั่นที่ 12 ดังตัวอย่างโปรแกรม ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     AH,0CH      ;Write pixel dot fn.
MOV     AL,05H      ;Pixel value or pixel colour
MOV     CX,0A0H     ;Pixel column
MOV     DX,064H     ;Pixel row
INT     10H
```

จากโปรแกรมจะเห็นว่า สามารถกำหนดจุดสี ได้ที่ AL และกำหนดตำแหน่งที่จะให้วาง จุดสีนั้น ๆ ที่ตำแหน่งที่กำหนดโดย CX และ DX จากลักษณะการทำงานนี้ทำให้โปรแกรม Curve Tracer สามารถวางจุด เพื่อสร้างภาพของกราฟ ได้ตามข้อมูลที่รับเข้ามาจาก Hardware ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นค่าในตำแหน่งทางแนวตั้ง ซึ่งจะเก็บเข้าไปใน CX เมื่อจะวางจุดที่โปรแกรมจะคำนวณตำแหน่งทางแนวนอน (DX) จากลำดับข้อมูลที่ใช้ ซึ่งในโปรแกรมจะแสดงผล ด้วยค่าจริงคือจะวางจุดในแนว (แนวนอน X แนวตั้ง) เท่ากับ (255 X 255) โดยไม่มีการขยาย หรือย่อส่วนของรูป ทำให้รูปกราฟที่ได้เหมือนจริง และมีความละเอียดค่อนข้างสูง

การวาดรูปกราฟ จะมีการกำหนดค่ารอบการวางจุด ด้วยจำนวนข้อมูลของรูปกราฟ ในแต่ละรอบการทำงาน จะให้โปรแกรมอ่านข้อมูลจาก Buffer มาเก็บที่ Register CX จากนั้นให้มีการวนรอบครั้งละ 255 รอบ สำหรับวางจุดในแต่ละเส้นกราฟ เมื่อครบ 255 รอบแล้ว จะให้โปรแกรมมาชี้ที่จุดเริ่มต้น (จุด 127) ใหม่ จำนวนครั้งของการวนรอบจะขึ้นกับ Configure ที่ตั้งไว้ในขณะทำการตรวจสอบอุปกรณ์ จากค่าที่ Setup ไว้นี้โปรแกรม จะบันทึกค่าพร้อม ๆ กับการบันทึกแฟ้มข้อมูล ดังนั้นถึงแม้ว่าจะเป็นการเรียก ข้อมูลจากไฟล์ ก็ยังจะได้ค่าต่าง ๆ ที่ตั้งไว้กลับคืนมา และเป็นส่วนที่มีบทบาทต่อความสำเร็จ ของการแสดงผลรูปกราฟมาก

ในกรณีที่เป็นการแสดงผล รูปกราฟ ในช่วง Negative ก็ยังคงใช้ หลักการทำงานในลักษณะเดียวกัน แต่ว่า แทนที่จะมีการเพิ่มตำแหน่งของรูปกราฟ กลับจะเป็นทางลบค่าตำแหน่ง ด้วยข้อมูลเพื่อให้รูปกราฟ เป็นการลากเส้นจากจุดศูนย์ มายังจุดที่ต่ำลงมา

## การจัดการด้วย Mouse

Mouse จัดเป็นอุปกรณ์ ต่อพ่วงกับคอมพิวเตอร์ ที่สำคัญที่สุดตัวหนึ่ง ในการช่วยการใช้โปรแกรมให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งในปัจจุบันเกือบจะทุกโปรแกรมจะต้องใช้ Mouse ประกอบร่วมด้วย ในการสั่งงานโปรแกรมแต่ละส่วน เช่น ใน Windows ถ้าขาด Mouse แล้ว การทำงานบนโปรแกรมจะยุ่งยากต่อการควบคุมอย่างเห็นได้ชัด ซึ่ง Mouse จะให้ประโยชน์อย่างมากในการทำงานบน Graphic เนื่องจากรวดเร็วในการเคลื่อนย้ายตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยความสำคัญของ Mouse ดังกล่าวข้างต้น จึงได้เพิ่มโปรแกรมในส่วนควบคุม Mouse ใน Curve Tracer ด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน ในที่นี้จะอธิบายถึงส่วนของ Mouse เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม Curve Tracer เท่านั้น ซึ่งประกอบด้วย

1. การ Initial Mouse
2. การแสดงและซ่อน Mouse Cursor
3. การตรวจสอบการกดปุ่ม และ ตำแหน่ง

## 1. การ Initial Mouse

การ Initial Mouse จะกระทำให้ปรากฏผลได้ก็ต่อเมื่อมีการติดตั้ง Mouse Driver ในระบบเรียบร้อยแล้วเท่านั้น โดยอาจจะเป็นการโหลดโปรแกรม Mouse.com บน DOS หรือการกระทำใน File config.sys ขณะ Boot เครื่องใหม่ๆก็ได้ เมื่อมีการ Initial mouse ถ้าถูกต้องแล้วจะปรากฏ Cursor ของ mouse บนจอ ค่ามาตราฐานใน Text mode จะเป็น Charactor ที่ 219 ของรหัส ASCII ส่วนใน Graphic mode จะเป็นรูปลูกศร

การ Initial mouse ยังเป็นการตรวจสอบการติดตั้ง Mouse ด้วย โดยการใช้ Function 0 จาก INT 33H ถ้าหาก mouse ติดตั้งเรียบร้อย จะไม่เกิดการ Error ขึ้นบน Register ลักษณะของโปรแกรมจะเป็นดังนี้

```
mov     ax,0h           ;Reset/initial mouse fn.
int     33h
cmp     ax,0            ;If equal,no mouse
je      Notthere
mov     Buttons,bx      ;Save number of bottons.
```

เมื่อ Initial mouse แล้วพบว่า มีการติดตั้งอย่างถูกต้องแล้ว ก็จะเก็บค่า Flag ไว้ เพื่อใช้ในโอกาสต่อไปที่เรียกคือ Function ของ mouse ในตอนหลัง ซึ่งการ Initial นี้จะทำครั้งแรกตอนเริ่มต้นโปรแกรมครั้งเดียว ค่าของ Flag ที่เก็บไว้ จึงมีความจำเป็นในการตรวจสอบทุก ๆ ครั้ง ที่เรียกใช้ Function mouse เพื่อดูว่ามี mouse หรือไม่ ถ้าไม่มีจะได้ไม่ต้องเสียเวลาในการเรียก Interrupt อื่นๆต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.การแสดงและซ่อน Mouse Cursor

การแสดง mouse cursor จะทำในขั้นตอนหลังจาก Initial และ พบว่ามี mouse driver ต่ออยู่อย่างถูกต้อง ในขั้นตอนนี้จะใช้ฟังก์ชั่นที่1 ของ INT 33h

```
mov     ax,01h      ;Show mouse cursor
int     33h
```

สำหรับการซ่อน Mouse Cursor จะใช้ฟังก์ชั่นที่ 2 ของ INT 33h ดังนี้

```
mov     ax,02h      ;Hide mouse cursor
int     33h
```

ฟังก์ชั่นทั้งสองมีประโยชน์มาก และจะถูกใช้บ่อย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ บนหน้าจอ เนื่องจากคุณสมบัติของ Mouse cursor จะอ่านอักขระที่ตำแหน่งปัจจุบันของ Mouse cursor ไปเก็บไว้ใน Buffer แล้วก็จะเอารูป Cursor ของ Mouse เองไปกระทำการ XOR กับอักขระเดิมเมื่อมีการเลื่อนตำแหน่งของ Mouse cursor ส่วนไดร์เวอร์ของเมาส์ก็จะเอาค่าอักขระในบัฟเฟอร์มาเขียนกลับที่ตำแหน่งเดิม เพื่อให้รูปบนหน้าจอเหมือนเดิมทุกประการ ด้วยเหตุผลนี้ เมื่อต้องการจะเปลี่ยนแปลงรูปหรืออักษรใด ๆ บนหน้าจอ จึงต้องทำให้ส่วนเคอร์เซอร์ของเมาส์ หายไป (ซ่อน) เสียก่อน แล้วจึงปรับแปลี่ยนรูปบนหน้าจอ จนกระทั่งเสร็จแล้ว จึงเรียกฟังก์ชั่น แสดงเมาส์เคอร์เซอร์ขึ้นมาใหม่

ในกรณีที่เปลี่ยนรูปบนหน้าจอ บริเวณที่มีเมาส์เคอร์เซอร์อยู่ โดยไม่มีการซ่อนเคอร์เซอร์เสียก่อนแล้ว เมื่อเปลี่ยนรูปเสร็จแล้ว เกิดการเคลื่อนตำแหน่งเมาส์ จะพบว่าตำแหน่งนั้นจะปรากฏรูปเดิมก่อนที่จะมีการเปลี่ยนรูป ซึ่งไม่ถูกต้อง ผู้เขียนโปรแกรมจึงไม่ควรจะลืมฟังก์ชั่นทั้งสองนี้ ซึ่งจะต้องใช้มากที่สุดฟังก์ชั่นหนึ่งในหลาย ๆ ฟังก์ชั่นของเมาส์

## 3. การตรวจสอบการกดปุ่มและตำแหน่ง

ฟังก์ชั่น ตรวจสอบการกดปุ่มและตำแหน่งที่อยู่ของเมาส์ ถือว่า เป็นหัวใจสำคัญของการใช้เมาส์ เพราะจะเป็นตัวบอกโปรแกรมว่า เกิดการสั่งงานผ่านทางเมาส์ หรือไม่ที่จุดใด ซึ่งฟังก์ชั่นของเมาส์ที่ทำหน้าที่ในส่วนนี้จะมีอยู่หลายฟังก์ชั่น เช่น ฟังก์ชั่นที่ 3,5 และ 6 ซึ่งทั้งสามฟังก์ชั่นนี้จะมีวิธีการตรวจสอบการกดปุ่ม (ปล่อยปุ่ม) และตำแหน่งซึ่งแตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**- ฟังก์ชั่นที่ 3 อ่านข้อมูลจากเมาส์**

ในฟังก์ชั่นนี้ จะใช้วิธีอ่านข้อมูลโดยตรงจากเมาส์ ที่เวลาขณะใดขณะหนึ่ง ซึ่งเมื่ออ่านข้อมูล 1 ครั้งจะได้ข้อมูลว่า ปุ่มใดบ้างบนเมาส์ถูกกด และตำแหน่งของเคอร์เซอร์ทั้งทางแนวนอนและแนวตั้ง ดังตัวอย่างโปรแกรม ต่อไปนี้

```
MOV     AX,13H          ;Get mouse Status
INT     33H
MOV     Hor,CX          ;Hor. position
MOV     Ver,DX          ;Ver. position
CMP     BL,03H          ;Left + Right
JE      Both_Pressed
TEST    BL,01H          ;Left button
JNZ     Left_Pressed
TEST    BL,02H          ;Right Botton
JNZ     Right_Pressed
JZ      None_pressed
```

จากลักษณะโปรแกรม จะเห็นว่าเพียงแค่เรียก INT 33H เพียงครั้งเดียว จะสามารถรู้ได้ว่าปุ่มใดถูกกดและตำแหน่งปัจจุบันของเมาส์อยู่ที่ใด ดังนั้น เมื่อต้องการให้โปรแกรมมีการตรวจสอบการกดปุ่มหรือเคลื่อนย้าย จึงต้องมีการเรียก INT 33H เสมอ ๆ วนเป็นรอบไปเรื่อย ๆ

ตำแหน่งที่ได้จากการใช้ฟังก์ชั่น จะอยู่ในหน่วยจุดสี (Graphic mode) ซึ่งถ้าต้องการแปลงหน่วยให้เป็น Text mode ให้หารด้วย 8 แล้ว บวกเพิ่มเข้าในอีก 1 ข้อจำกัดของฟังก์ชั่นนี้คือ จะใช้ข้อมูลในช่วงเวลานั้น ๆ การใช้งาน จึงต้องวนซ้ำเรื่อยไป เพื่อเฝ้าดูแลการกดปุ่ม ถ้าหากว่าการกดปุ่มเกิดขึ้นในขณะที่ทำงานอย่างอื่นอยู่ สำหรับฟังก์ชั่นนี้แล้วจะตรวจไม่พบ ซึ่งตัวโปรแกรมจะพบก็ต่อเมื่อในขณะตรวจสอบกำลังกดหรือสั่งงานอยู่พอดีเท่านั้น ดังนั้นโปรแกรมในส่วนวนรอบทำงานของเมาส์ จึงควรใช้เวลาน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

**- ฟังก์ชั่นที่ 5 อ่านข้อมูลจากเมาส์คิว**

ฟังก์ชั่นนี้ จะเป็นการอ่านข้อมูลจากเมาส์คิวหรือบัฟเฟอร์ ซึ่งแตกต่างจากฟังก์ชั่นที่ 3 คือฟังก์ชั่นนี้ใช้อ่านข้อมูล หลังจากที่เมาส์ถูกกดหรือเคลื่อนที่แล้วทำให้ไม่เสียช่วงเวลาที่มีการควบคุมเมาส์ ในขณะที่โปรแกรมกำลังทำงานอย่างอื่นอยู่ ข้อมูลครั้งล่าสุดจะถูกเก็บเอาไว้ในเมาส์คิว จนกว่าจะมีการอ่านข้อมูลออกไป ซึ่งจะเป็นการล้างบัฟเฟอร์ของเมาส์ ฟังก์ชั่นนี้สามารถเลือกตรวจสอบเฉพาะปุ่มได้ คือเลือกอ่านเฉพาะปุ่มซ้าย หรือขวาก็ได้ ดังตัวอย่างโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     AX,05h          ;read mouse quese
MOV     BX,0            ;want left button
INT     33H
MOV     Hor,CX          ;Hor. position
MOV     Ver,DX          ;Ver. position
TEST    AL,01H
JNZ     Left_Pressed
CMP     BX,0H
JNE     Left_Pressed
```

ค่า BX จะเป็นตัวบอก Driver ว่า ต้องการจะอ่านข้อมูลจากปุ่มใด โดยกำหนดว่าถ้า BX=0 เป็นปุ่มซ้าย และ BX=1 เป็นปุ่มขวา ส่วนค่าส่งกลับหลังจากตรวจสอบแล้ว BX จะเก็บจำนวนครั้งที่ปุ่มถูกกด ตั้งแต่การตรวจสอบครั้งสุดท้าย CX จะเก็บตำแหน่งคอลัมน์ปัจจุบัน และ DX จะเก็บตำแหน่งแถวปัจจุบันของเมาส์เคอร์เซอร์

ในฟังก์ชั่นนี้ การกดปุ่มจะมีนัยสำคัญสูงกว่าการเคลื่อนย้ายตำแหน่งบนจอภาพ จากหลักการนี้ การใช้งานจึงจะมีการอ่านอินพุท เพื่อเคลียร์บัฟเฟอร์แล้วจึงวนซ้ำการทำงานเพื่อตรวจสอบว่ามีการกดปุ่มที่สนใจบนเมาส์หรือไม่ ส่วนตำแหน่งของเมาส์เคอร์เซอร์ จะเก็บตำแหน่งสุดท้ายที่มีการกดปุ่มบนเมาส์ ดังนั้นถ้าต้องการอ่านตำแหน่งของเมาส์เคอร์เซอร์เป็นหลัก ก็ยังคงต้องวนซ้ำ ๆ หรือให้อ่านอินพุทจากเมาส์บ่อย ๆ

**- ฟังก์ชั่นที่ 6 ตรวจสอบการปล่อยปุ่มของเมาส์**

ฟังก์ชั่นที่ 6 เป็นการใช้บริการเชิง Sensitive ของเมาส์ คือการปล่อยปุ่มที่ถูกกดมาแล้ว มีความสำคัญและไวเท่า ๆ กับการกดปุ่มของเมาส์ มีประโยชน์ในกรณีที่ต้องการให้เมาส์ทำงานควบคู่กับการกดปุ่ม เช่น ให้มีการกดปุ่มบนเมาส์ แล้วมีการลากเมาส์ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ บนจอภาพ ซึ่งการปล่อยปุ่ม ช้า-เร็ว มีผลต่อการทำงาน ดังตัวอย่างโปรแกรม:

```
MOV     AX,6            ;Release function
MOV     BX,01H          ;Right botton
INT     33H
MOV     Hor,CX
MOV     Ver,DX
CMP     BX,1
JE      One_release
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโปรแกรม BX เป็นตัวเลือกปุ่มที่จะตรวจสอบ ว่าต้องการปุ่มใด คือถ้าเป็น 0 จะเป็นปุ่มซ้าย ถ้าเป็น 1 จะเป็นปุ่มขวา หลังจากการตรวจสอบแล้ว ค่า BX จะเก็บจำนวนครั้งที่ปุ่ม ถูกปล่อย นับตั้งแต่การตรวจสอบครั้งสุดท้าย ส่วนตำแหน่งปัจจุบันของเมาส์เคอร์เซอร์ จะเก็บใน CX และ CX เช่นเดียวกับฟังก์ชั่น 3 และ 5 ดังที่กล่าวมาแล้ว

การควบคุม mouse ยังมีฟังก์ชั่นการใช้งานอีกมากมาย ประมาณ 50 ฟังก์ชั่น ซึ่งในที่นี้จะไม่กล่าวถึง ฟังก์ชั่นอื่น ๆ นอกจากนี้ ซึ่งไม่ได้ใช้ หรือไม่มีความสำคัญต่อโปรแกรม Curve Tracer หากผู้อ่านสนใน สามารถศึกษาได้จากหนังสือ Advanced Assembly Language ของ Allen L. Wyatt, SR. 1992.

วิธีการควบคุมในโปรแกรม Curve Tracer จะใช้ฟังก์ชั่นของเมาส์ ตรวจสอบตำแหน่งและการกดปุ่ม ที่ตำแหน่ง ICON บนหน้าจอ ซึ่งในโปรแกรมเป็น Graphic mode อยู่แล้วจึงให้ความสะดวกมาก ในการใช้ข้อมูลด้านตำแหน่งของเมาส์เคอร์เซอร์ โดยให้มีการวนรอบซ้ำตรวจสอบการเคลื่อนย้ายและกดปุ่มบนเมาส์เป็นระยะ ๆ

## การจัดการกับแฟ้มข้อมูล

เป็นสิ่งที่จำเป็นอีกประการหนึ่ง ที่จะต้องจัดการกับระบบแฟ้มข้อมูล (File) เพื่อใช้ในเรื่องเกี่ยวกับ การเก็บข้อมูล ในตัว Curve Tracer เมื่อทำการทดสอบอุปกรณ์แต่ละครั้ง จะเก็บข้อมูลที่ได้ไว้ใน Buffer และจะถูกแทนที่ด้วยข้อมูลใหม่ เมื่อมีการ RUN Test ด้วยเหตุนี้ จึงได้เพิ่มความสามารถของโปรแกรม ในส่วนของการเก็บข้อมูลลงบนไฟล์ และส่วนของการ Load ข้อมูลจากไฟล์ มาเก็บในบัฟเฟอร์

### เตรียมพร้อมเพื่อจัดการกับแฟ้มข้อมูล

โปรแกรมที่ดีจะต้องมีความยืดหยุ่นสูง ในเรื่องเกี่ยวกับการ Setting นั่นคือจะต้องสามารถชี้ Drive, Path หรือ Directory ได้ การเตรียมความพร้อมในส่วนของโปรแกรมคือ ต้องให้ USER สามารถเปลี่ยนตัวชี้ตำแหน่ง ของข้อมูลได้นั่นเอง ซึ่งโปรแกรม Curve Tracer จะให้ผู้ใช้ใส่ค่าของ Drive:\PATH\..\File name ในช่วงที่ต้องการติดต่อกับไฟล์ ทั้งในขณะที่ต้องการบันทึก หรืออ่านข้อมูล

เมื่อโปรแกรมรับพารามิเตอร์ดังกล่าวแล้ว ก็จะให้โปรแกรมไปตรวจสอบดูว่ามีข้อมูลตามที่ผู้ใช้ระบุหรือไม่ ถ้าไม่มีก็จะฟ้อง Error ออกมา ถ้ามีก็จะจัดการขั้นต่อไป ซึ่งโปรแกรมจะเปิดไฟล์ตามชื่อที่ระบุในรูปของการเขียนเพิ่มเติม และเพื่ออ่านข้อมูล ซึ่งจะให้ความสะดวกคือสามารถใช้ฟังก์ชั่นเปิดไฟล์อันเดียวกัน ทั้งในกรณีอ่านและเขียนข้อมูลในเวลาเดียวกัน ซึ่งลักษณะงานขั้นต่อไปจะแตกต่างกัน ตามความต้องการของผู้ใช้แยกออกได้ 2 ส่วนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การจัดเก็บหรือบันทึกข้อมูลลงบนไฟล์**

เมื่อโปรแกรมได้รับคำสั่ง ให้บันทึกข้อมูล โปรแกรมจะตรวจหาชื่อไฟล์ที่ระบุ ถ้ามีอยู่แล้วจะเขียนทับของเดิม ถ้ายังไม่มี จะสร้างขึ้นมาใหม่ ข้อมูลที่จะเขียนลงไฟล์ จะเป็นแบบ Sequenciari ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. Information of Graph เป็นข้อมูลบอกลักษณะของรูปกราฟ เช่น ขนาด Step, จำนวน Step, อุปกรณ์ที่ทดสอบ, จำนวนข้อมูล ฯลฯ ซึ่งจะมีขนาดประมาณ 42 ไบท์ ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์มาก เมื่อโปรแกรมอ่านข้อมูลกลับ และจะ Plot graph เนื่องจากโปรแกรม Curve Tracer ออกแบบให้สามารถทดสอบอุปกรณ์หลายชนิด ซึ่งขนาดและลักษณะของข้อมูลจะแตกต่างกัน ข้อมูลส่วนนี้จะเป็นตัวบอกให้กับโปรแกรมได้ว่า มีลักษณะเฉพาะอย่างไร ซึ่งจะเขียนลงบนไฟล์ในส่วนต้นของไฟล์

2. Data Graph เป็นข้อมูลที่แท้จริงของรูปกราฟ ที่จะบันทึกต่อจากส่วนของ Information จนสิ้นสุดข้อมูล ข้อมูลในส่วนนี้จะมีขนาดไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะของการ Test ว่า ใช้ทดสอบกับอุปกรณ์อะไร ข้อมูลทั้งสองส่วนนี้จะถูกบันทึก ในรูปของ Binary file โดยทันที เมื่อมีการป้อนค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับตำแหน่งและชื่อไฟล์อย่างถูกต้อง

**การอ่านข้อมูลจากไฟล์**

เมื่อโปรแกรมได้รับคำสั่งจากผู้ใช้ ให้อ่านข้อมูลซึ่งหลังจากการกำหนดตำแหน่ง และชื่อไฟล์แล้วตัวโปรแกรมก็จะ Scan หาชื่อไฟล์ที่ป้อนให้ หากไม่พบ โปรแกรมจะแสดงข้อความ Error และจะยุติการทำงานในส่วนของการอ่านข้อมูล แต่ถ้าตรวจพบไฟล์ โปรแกรมจะทำการเปิดไฟล์และอ่านข้อมูล 2 ครั้ง คือ

1. อ่านข้อมูลส่วนต้นไฟล์ ซึ่งจะเป็นส่วนของ Information มีขนาดประมาณ 42 ไบท์ ไปเก็บเป็น พารามิเตอร์ ซึ่งจะบอกโปรแกรมต่อไปว่าลักษณะของไฟล์ (ข้อมูล) ที่จะอ่านต่อไปนั้นมีขนาดและลักษณะอย่างไร

2. อ่านข้อมูลส่วนของ Data ซึ่งอยู่ถัดจากส่วน Information โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่อ่านขึ้นมาในครั้งแรก

การทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้ จะมีการตรวจสอบจำนวนข้อมูลที่อ่านได้ ว่าครบถ้วนหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้อง โปรแกรมจะแสดงผล Error ออกมา ด้วยค่า Error มาตรฐาน ตามที่ Dos กำหนด ถ้าโปรแกรมทำงานถูกต้อง ก็จะสามารถ Plot กราฟจากข้อมูล ที่ผ่านจากไฟล์ได้อย่างถูกต้องเหมือนกับตอนที่บันทึก หรือเมื่อมีการ RUN TEST ใหม่ ๆ

ในโปรแกรม Curve Tracer การป้อนชื่อของแฟ้มข้อมูล ขณะที่จะบันทึกหรืออ่านข้อมูลออกมา ไม่จำเป็นต้องใส่นามสกุลของแฟ้มข้อมูล ให้ใส่เฉพาะชื่อไฟล์เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมจะใส่นามสกุลให้โดยอัตโนมัติ และถ้าผู้ใช้ใส่นามสกุลไปด้วย จะทำให้มีนามสกุลซ้ำซ้อน โปรแกรมจะถือว่าเป็นข้อผิดพลาดไม่ดำเนินการให้ และจะแสดงข้อความเตือนผู้ใช้ทันที

## การติดต่อกับ Printer

Printer จัดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากตัวหนึ่งในการแสดงผลทั้งในด้านกราฟฟิคและอักษรทั่วไป ซึ่งโปรแกรม Curve Tracer ใช้เป็นฟังก์ชั่นหนึ่งในการพิมพ์ผลลัพธ์ ที่ได้จากการตรวจสอบอุปกรณ์ออกสู่ Printer ด้วย ซึ่งในที่นี้จะไม่กล่าวถึงรายละเอียดโดยรวม แต่จะกล่าวถึงเฉพาะในส่วนที่ใช้งานหลัก ๆ ในโปรแกรมเท่านั้น

ปัญหาที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง ในการเขียนโปรแกรมควบคุม Printer คือ ความหลากหลายของ Printer ซึ่งในปัจจุบันมีหลายรูปแบบมาก มีใช้กันตั้งแต่เครื่องพิมพ์แบบ Dot matrix รุ่นเก่า ๆ จนถึงรุ่นใหม่ล่าสุดเช่นพวก Laserjet, Deskjet, Bubblejet ฯลฯ ในแต่ละแบบ จะมีวิธีการสั่งงานที่แตกต่างกัน รวมทั้งฟังก์ชั่นพิเศษก็มีไม่เท่ากันด้วย ความลำบากของการเขียนโปรแกรม จึงอยู่ที่ว่าจะทำอย่างไร ให้โปรแกรมที่เขียนใช้ได้กับเครื่องพิมพ์หลาย ๆ รุ่น หลาย ๆ ขนาด และสามารถเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์หลาย ๆ ยี่ห้อได้ ซึ่งวิธีการที่โปรแกรมใหญ่ ๆ ใช้กันอยู่ ก็คือการทำให้โปรแกรมสามารถ Setup เปลี่ยน Driver ของ Printer ที่เชื่อมต่อได้ การทำอย่างนี้จะต้องมีข้อมูลเฉพาะของ Printer ในแต่ละรุ่น มาใช้ในการ Setup ตัวโปรแกรมที่ใช้ก็จะต้องมีความยืดหยุ่นสูง ใช้เวลาในการพัฒนามาก

ดังนั้นโปรแกรม Curve Tracer จึงได้เขียนขึ้น โดยใช้ฟังก์ชั่นพื้นฐานทั่ว ๆ ไปของแบบ Dot Matrix เป็นหลัก โดยเทียบเคียงกับ IBM และ Epson เนื่องจากเป็นเครื่องพิมพ์ที่ยังมีการใช้อยู่อย่างกว้างขวาง

### ก่อนเข้าสู่การควบคุมเครื่องพิมพ์

บนระบบปฏิบัติการ DOS สามารถติดต่อกับ Printer ได้ 3 Port คือ LPT1-3 หรือใช้หมายเลข Port ดังนี้

LPT1 : 3BCH - 3BFH
LPT2 : 378H - 33FH
LPT3 : 278H - 27FH

แอดเดรสของ LPT1 คือ 0040:0008, LPT2 คือ 0040:000A ตามลำดับไป ในการควบคุมทำได้ทั้งแบบโดยตรง และทางอ้อม แบบควบคุมโดยตรง ได้แก่การติดต่อผ่านหมายเลขพอร์ตโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรง ส่วนทางอ้อมจะเป็นการควบคุมผ่านฟังก์ชั่นการ Interrupt ของ BIOS หรือ ของ DOS ขึ้นอยู่กับกรณีที่ใช้งาน ซึ่งถ้าเป็นการควบคุมธรรมดาแล้ว ควรจะใช้ Interrupt จะสะดวกกว่าการติดต่อผ่านทาง Port ยกเว้นในกรณีที่ต้องการสั่งงานแบบพิเศษเท่านั้น

การเตรียมความพร้อมระหว่างเครื่องพิมพ์และคอมพิวเตอร์ ถือว่าเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญ กล่าวคือ ก่อนที่จะส่งข้อมูลออกไปพิมพ์ ต้องตรวจสอบสถานะของเครื่องพิมพ์เสียก่อน โดยผ่านทางพอร์ตหมายเลข 3BDh/379h/279h สำหรับ LPT1-3 ตามลำดับ ซึ่งค่าสถานะจะส่งกลับมาในรีจิสเตอร์ ความหมายในแต่ละบิทเช่นดังนี้

| บิท 7 6 5 4 3 2 1 0 | ความหมาย |
|---|---|
| 0 | Printer busy |
| 0 | Acknow ledged |
| 1 | Out of Paper |
| 1 | On-line (printer relected) |
| X | Printer error |
| X X | Not Used |
| 1 | Time Out |

การตรวจสอบ ลักษณะของเครื่องพิมพ์อาจจะใช้ Interrupt 17 (BIOS) ได้ดังนี้

```
MOV     DX,0            ;สำหรับ LPT1
MOV     AH,2
INT     17H
MOV     STATUS, AH
```

สถานะที่ ได้จากการตรวจสอบจะส่งคืนกลับมาให้ที่ Reg. AH ขั้นต่อไปก็คือ การตรวจสอบว่าค่าใน AH ตรงกับข้อมูลใด ถ้าเครื่องพิมพ์พร้อมที่จะรับข้อมูล ก็ควรจะมีค่าเท่ากับ 90H โปรแกรมในส่วนของการดูสถานะ ควรจะทำเป็น Procedure เพราะจะต้องใช้ตรวจสอบบ่อยมากในการพิมพ์นั้น เครื่องพิมพ์อาจจะมีปัญหาจากกรณีใดกรณีหนึ่ง ในระหว่างพิมพ์ โปรแกรมจึงต้องตรวจสอบบ่อย ๆ ว่า เครื่องพิมพ์ผิดปกติหรือไม่ เพื่อจะได้ไม่ต้องเสียเวลา ในการส่งข้อมูลที่เสียเปล่าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การพิมพ์ข้อความ

การสั่งให้เครื่องพิมพ์ทำงานใน TEXT MODE ถือว่าเป็นสิ่งที่ง่ายเมื่อเทียบกับการควบคุม ในแบบ Graphic เนื่องจากการทำงานในรูปของอักษร มีฟังก์ชั่นมาตรฐานให้ใช้ การสั่งงานก็ไม่ยุ่งยาก หลักการก็คือ การส่งรหัส ASCII ออกไปที่เครื่องพิมพ์ครั้งละ 1 อักขระ ดังนั้นในการพิมพ์ข้อความหนึ่ง ๆ จึงเป็นการส่งอักขระ ตั้งแต่ตัวแรกจนถึงตัวสุดท้ายตามลำดับ การเริ่มต้นพิมพ์ใน Text mode ไม่จำเป็นต้องมีการ Initial ใด ๆ เพราะเครื่องพิมพ์ปกติจะอยู่ในสภาวะ Text โหมดอยู่แล้ว ยกเว้นกรณีที่มีการสั่งเป็นพิเศษ ให้อยู่ในโหมดกราฟฟิคเท่านั้น

เครื่องพิมพ์แบบ Dot matrix โดยปกติจะรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ไปเก็บไว้ในบัฟเฟอร์จนครบ 1 บรรทัด (1 line) แล้วจึงเริ่มต้นพิมพ์ นั่นคือเครื่องพิมพ์จะเริ่มต้นพิมพ์ให้ เมื่อพบอักขระของ Line feed หรือ Return code ซึ่งเครื่องพิมพ์จะถือว่าจบสิ้น สำหรับบรรทัดนั้น ๆ

ตัวอย่างการพิมพ์ข้อความ "Printer Testing"

```
Print_text:   mov     cx,15          ;จำนวนอักษร
              mov     dx,0           ;ใช้ LPT1
              lea     bx,msg         ;ให้ BX ชี้ข้อความ
Next_char:    mov     ah,0
              mov     al,[bx]
              int     17h
              test    ah,8           ;ตรวจสอบความถูกต้อง
              jnz     prn_error
              inc     bx
              mov     ah,0h
              mov     al,10          ;Line feed code
              int     17h
              ret                    ;End
Prn_error:    ----------             ;จัดการกับความผิดพลาด
Msg           db      "Printer Testing"   ;ข้อความที่จะพิมพ์
```

จากโปรแกรมข้างต้น หากการทำงานถูกต้อง เครื่องพิมพ์จะพิมพ์ข้อความ "Printer Testing" ที่ตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องพิมพ์ ซึ่งถ้าหากว่าเป็นการพิมพ์ครั้งแรก ที่มีการโหลดกระดาษเข้าไป ข้อความจะปรากฏที่คอลัมน์และแถวแรก ของหน้ากระดาษ ด้วยรูปแบบอักษรปกติของเครื่องพิมพ์ในขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตั้งค่า TAB ของเครื่องพิมพ์

ในกรณีที่ต้องการ ให้มีการ TAB หรือสั่งให้หัวเครื่องพิมพ์ ไปอยู่ในคอลัมน์ที่ระบุไว้ สามารถสั่งงานได้โดยการกำหนด TAB เช่น ต้องการให้ TAB ไปที่ Column ที่ 15,30 และ 60 ให้ส่งข้อมูล 27,68,15,30,60,0 ไปที่เครื่องพิมพ์ตามลำดับ การ TAB แบบแนวนอน (Horizontal) จะกำหนดได้สูงสุด 112 ตำแหน่ง ส่วนการ TAB ทางแนวตั้ง (Vertical) เครื่องพิมพ์บางรุ่นจะไม่มีให้ โดยเฉพาะเครื่องพิมพ์กราฟฟิค ที่ทำเลียนแบบของ IBM การกำหนด TAB ทางแนวตั้ง จะใช้คำสั่งค่า 66 กำหนด เช่น ต้องการกำหนดให้ไปที่บรรทัด (Line) 8 และ 12 ก็ส่งข้อมูล 27,66,8,12,0 ตามลำดับ ไปที่เครื่องพิมพ์ จากตัวอย่างที่กล่าวมา จะพบว่าในการควบคุมเครื่องพิมพ์ จะต้องเริ่มด้วยรหัส 27 (ESC) ก่อนเสมอ แล้วตามด้วยหมายเลขฟังก์ชั่น จบลงด้วย 0 ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าจบคำสั่ง ควบคุมนั้น ๆ แล้ว หมายเลขฟังก์ชั่นมาตรฐานต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์ IBM และ Epson สามารถดูเพิ่มเติมได้จากภาคผนวกท้ายเล่ม

## การควบคุมระยะห่างระหว่าง Line

การควบคุมเครื่องพิมพ์ เพื่อให้เกิดช่องว่างระหว่างบรรทัด ใน Text mode จะเป็นการสั่งให้ขึ้นบรรทัดใหม่ ด้วยการส่งอักขระ 10 ออกไปที่เครื่องพิมพ์ ซึ่งโดยปกติ เครื่องพิมพ์ถ้าไม่มีการสั่งให้ Line feed เมื่อพบ Carriage return (ASCII 13) จะทำให้หัวของเครื่องพิมพ์กลับมาที่ตำแหน่งซ้ายสุด และจะพิมพ์ทับที่บรรทัดเดิม ดังนั้นใน Text mode จะส่งค่ารหัส ASCII 13 และ 10 ควบคู่กัน เพื่อให้เกิดการเว้นช่องว่างระหว่างบรรทัดเล็กน้อย

สำหรับเครื่องพิมพ์ที่อยู่ในโหมดกราฟฟิค โดยค่าปกติแล้วจะมีช่องว่างระหว่างบรรทัด 1/6 นิ้ว ซึ่งจะพิมพ์ 6 บรรทัดต่อนิ้ว สามารถตั้งค่าในโหมดนี้ได้ ด้วยการส่งรหัส 27,50 ออกไปที่เครื่องพิมพ์ สำหรับเครื่องพิมพ์ของ IBM และ Epson ทั่วไป ยังมีขนาด 1/8 นิ้ว และ 7/72 นิ้ว ควบคุมโดยการส่งค่า 27,48 และ 27,49 ตามลำดับ

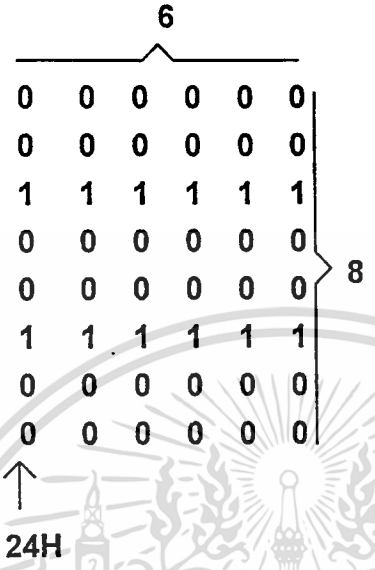
## การพิมพ์รูปกราฟฟิค

ลักษณะการพิมพ์ ของ เครื่องพิมพ์ จะมีการวางจุดด้วยเข็ม บนหัวพิมพ์ในแนวตั้ง จำนวน 8 จุด ถัดกันไปจากทางซ้ายไปทางขวา ดังนั้นการพิมพ์รูปภาพ จะต้องอ่านค่าบิทต่าง ๆ ของรูป จากรูปซึ่งมีตำแหน่งการวางในแนวนอน เปลี่ยนให้เป็นแนวตั้ง สูง 8จุดในแต่ละแถวตัดกันไป เพื่อส่งไปให้เครื่องพิมพ์ทีละ 8 บิท จนกว่าจะได้รูปภาพครบ ตามที่ต้องการ

การส่งข้อมูลแบบกราฟฟิค จะเริ่มด้วยอักขระ 27,75 เพื่อสั่งให้เครื่องพิมพ์อยู่ในโหมดกราฟฟิค 480 จุดต่อนิ้ว จากนั้นตามด้วย จำนวนไบท์ที่จะส่งต่อเนื่องออกไป คั่นด้วยศูนย์กับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟฟิค ซึ่งจะต้องส่งข้อมูล อย่างต่อเนื่องในคราวเดียวกัน เช่น ถ้าต้องการเครื่องพิมพ์อักขระ ASCCII 205 (=) จะต้องแบ่งรูปอักขระนี้เป็น 6 ไบท์ ดังรูป




รูปที่ 2.2 บิทต่าง ๆ บนอักขระ ASCCII 205

จากรูปข้างต้นจะแบ่งการส่งข้อมูลออกไป 6 ค่าโดยพิจารณาบิททางแนวตั้ง ในที่นี้คือ 36 (24H) ซึ่งข้อมูลที่จะส่งออกไปเครื่องพิมพ์ รวมทั้งคำสั่งควบคุมจะเป็นดังนี้

27,75,6,0,36,36,36,36,36,36

ตัวเลข 6,0 จะเป็นตัวบอกเครื่องพิมพ์ว่า จะมีข้อมูลติดตามมาอีก 6 ไบท์ ส่วนศูนย์ใช้สำหรับปิดท้ายคำสั่ง สำหรับการสั่งงานแต่ละครั้ง ซึ่งถ้าทดลองพิมพ์รูปข้างต้นด้วยเครื่องพิมพ์ แบบ dot matrix หลังจากที่ส่งข้อมูลครบแล้ว ตามด้วยการส่ง line feed ไปแล้วเครื่องพิมพ์ก็จะพิมพ์เครื่อง(=) ลงบนกระดาษให้ ตามที่เราตั้งเข้าไป สำหรับความยาวของเส้น สามารถเพิ่มได้ด้วยจำนวนไบท์ของข้อมูล

สำหรับโปรแกรม Curve Tracer จะใช้วิธีการ อ่านรูปกราฟจากหน้าจอ ครั้งละ 8 บิททางแนวตั้งทีละแถว เรียงไปเรื่อย ๆ จนจบเขตทางแนวนอนของรูปกราฟ แล้วกลับมาตั้งต้น ที่บรรทัดถัดไป จนครบทั้งรูป วิธีนี้จะทำให้ช้าลงกว่าการสั่งพิมพ์ด้วยวิธี Dump Screen (INT5) ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม เพราะไม่สามารถกำหนดขอบเขตวัตถุ ที่จะพิมพ์ได้ อีกประการหนึ่งคือ การส่งพิมพ์เป็นรายจุด จะง่ายต่อการควบคุมการพิมพ์เฉพาะสีของรูป และการกำหนดขอบเขตวัตถุ จะสะดวกมาก

ปัญหาที่สำคัญของการพิมพ์ รูปกราฟฟิค คือความยากลำบากในการเปลี่ยนจุดภาพ ซึ่งอยู่ในลักษณะแนวตั้ง และทำให้เสียเวลาในการพิมพ์ แต่ละครั้งค่อนข้างมาก สำหรับโปรแกรม Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tracer ปัญหานี้มีผลกระทบไม่มากนัก เนื่องจากคุณสมบัติ ที่ทำงานได้รวดเร็ว ของภาษาแอสแซมบลี

## การไหลเวียนของข้อมูลในโปรแกรม

ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึง การใช้ข้อมูลต่าง ๆ ร่วมกันภายในโปรแกรม Curve Tracer ความจำเป็นที่ต้องจัดการกับข้อมูลเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับว่า ข้อมูลต่าง ๆ ในโปรแกรม สมบูรณ์หรือไม่ และมีความต้องการใช้มากน้อยเพียงใด ของส่วนต่าง ๆ ในโปรแกรม ซึ่งถ้าขาดระบบจัดการที่ดี แล้วข้อมูลใน Procedure ต่าง ๆ อาจจะซ้อนทับกัน ทำให้การทำงานผิดพลาด

ลักษณะของข้อมูล ที่จำเป็นจะต้องจัดการระบบไหลเวียน เช่น ข้อมูลที่ต้องเรียกใช้บ่อยครั้ง, ข้อมูลที่ใช้ร่วมกัน ซึ่งอาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ที่ขั้นตอนใด ขั้นตอนหนึ่ง โดยเฉพาะตัวแปรแสดงสถานะของระบบ เมื่อผ่านการทำงานที่ Procedure ต่าง ๆ ในโปรแกรม Curve Tracer จะเรียกว่า flag แสดงสถานะ การวางโครงสร้างของโปรแกรมจะให้ทุก ๆ ส่วน ของข้อมูลอยู่ในรูป Procedure เมื่อมีการทำงานที่ขั้นตอนใด แล้วจะมี flag แสดงสถานะ ว่าขณะนี้อยู่ที่ระบบใด และความมุ่งหมาย ของการทำงาน ในขั้นถัดไปคือส่วนใด ทำให้ส่วนของโปรแกรมหลัก (System console) มีหน้าที่ตรวจสอบ flag ต่าง ๆ เหล่านี้ และปฏิบัติตามความหมายที่เกิดขึ้นบน flag นั้นๆ

นอกจากวิธีการ ใช้ค่า flag แสดงสถานะ แล้วตัวโปรแกรม Curve Tracer ยังใช้วิธีการของ Tree ในการคืนค่ากลับสู่สภาวะเดิม ทำงานร่วมกับ flag ด้วย ซึ่งวิธีการนี้ก็ยังมีข้อเสียคือ ตัวโปรแกรมจะต้องเสียเวลา ให้กับการตรวจสอบต่าง ๆ ค่อนข้างมาก แต่ด้วยคุณสมบัติการทำงานที่เร็วของภาษา Assembly ทำให้ความเร็วการทำงาน โดยเฉลี่ยไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก จากวิธีการจัดการกับข้อมูลลักษณะนี้ ทำให้ส่วนโปรแกรมย่อย สามารถเรียกใช้ข้อมูล จากหลาย ๆ จุด ในโปรแกรมย่อยตัวอื่น ๆ ได้ง่ายและลดโอกาสผิดพลาดลงไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3 การทดลอง และ ผลการทดลอง

1. การตรวจสอบคุณสมบัติ ทรานซิสเตอร์

ป้อนข้อมูลให้ Computer ดังนี้

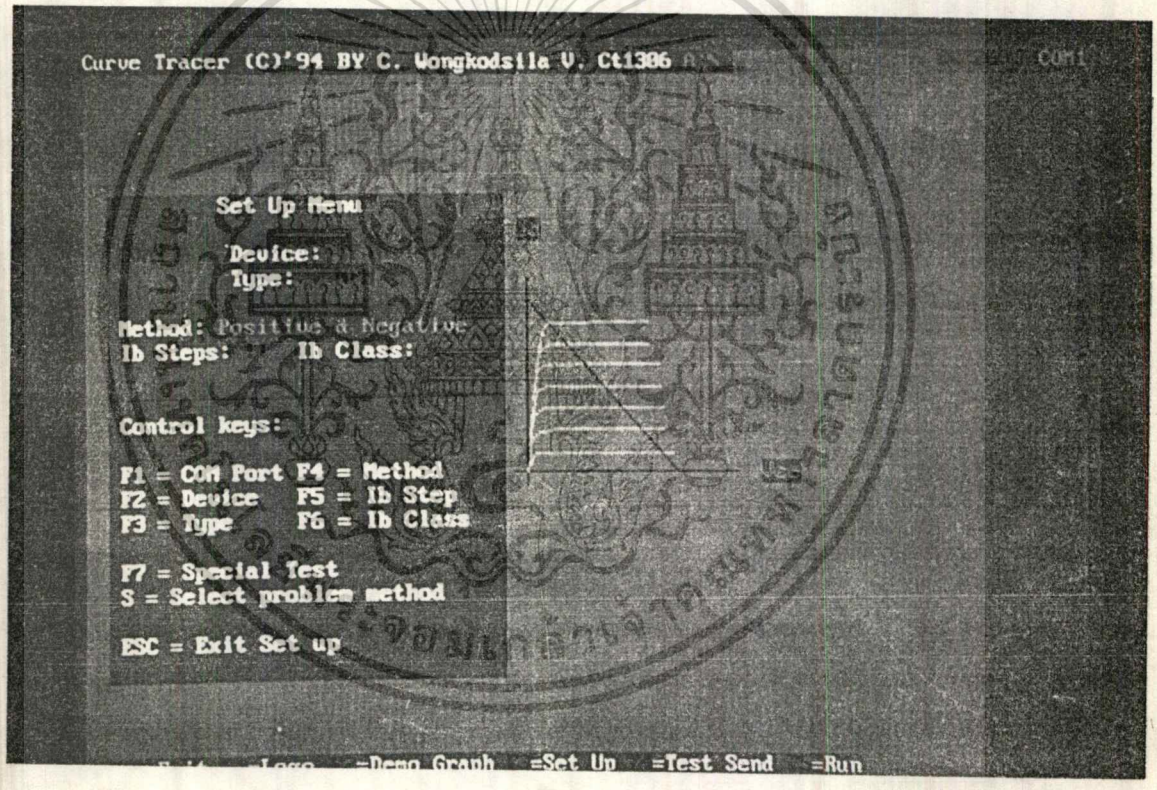
Device : Transister

Type : NPN

Method : Positive & Negative

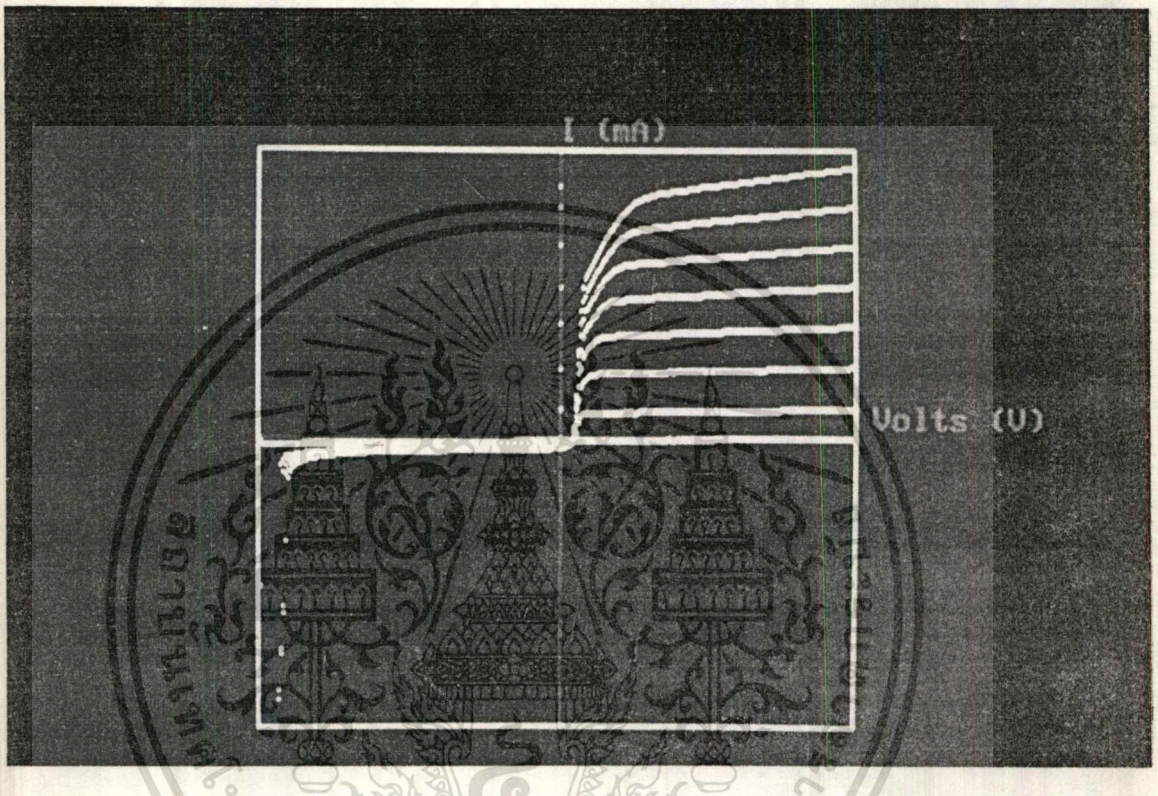
Ib Step : 11

Ib Class : 12




รูปที่ 3.1 แสดงการ Set up Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.2 แสดงกราฟคุณสมบัติทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

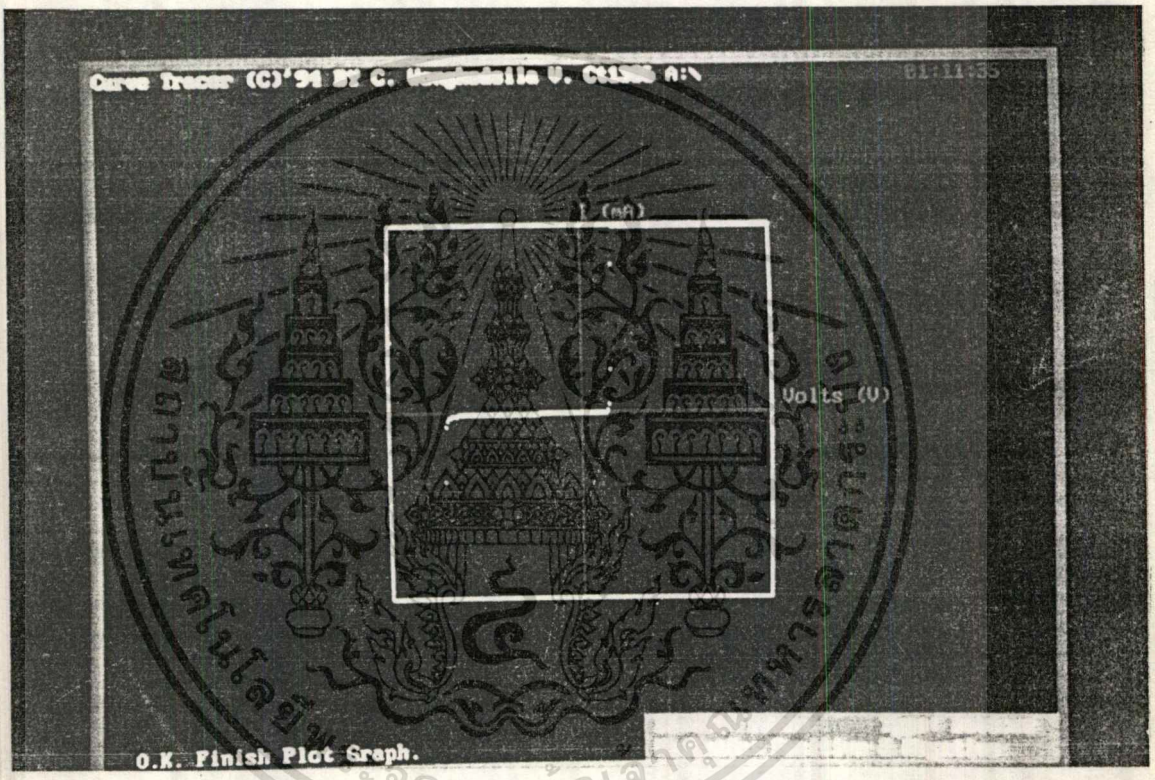
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การตรวจสอบคุณสมบัติ Zener Diode

ป้อนข้อมูลให้Computer ดังนี้

Device : Diode

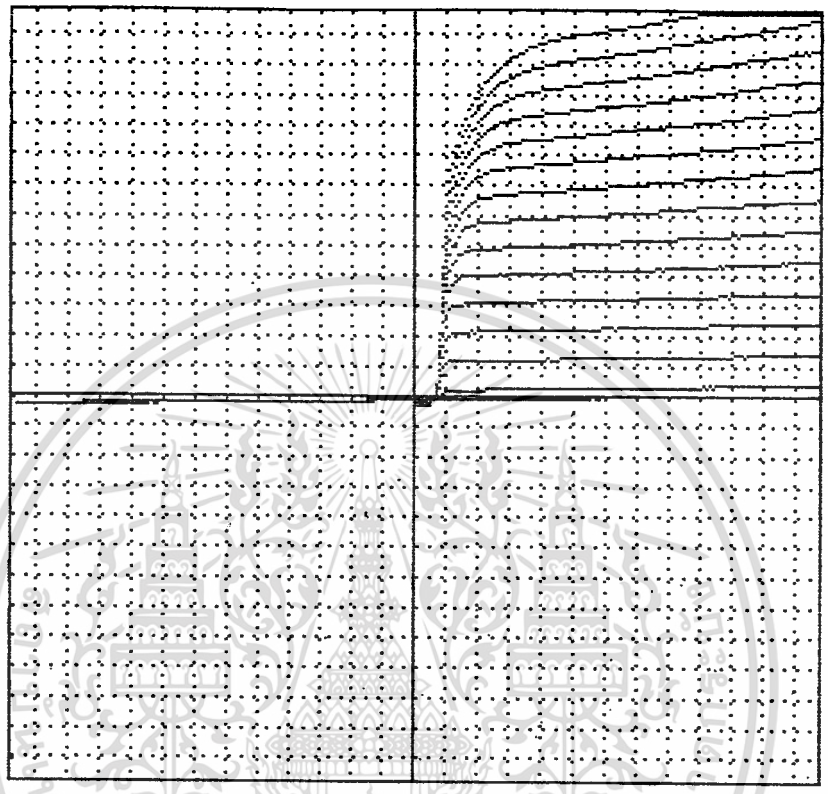
Method : Positive & Negetive




**รูปที่ 3.3** แสดงกราฟแสดงคุณสมบัติ Zener Diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-- Graph charecteristics from Curve Tracer --



**รูปที่ 3.4** แสดงกราฟคุณสมบัติของ Transistor หมายเลข 2SC1815

อุปกรณ์ : Transistor หมายเลข 2SC1815

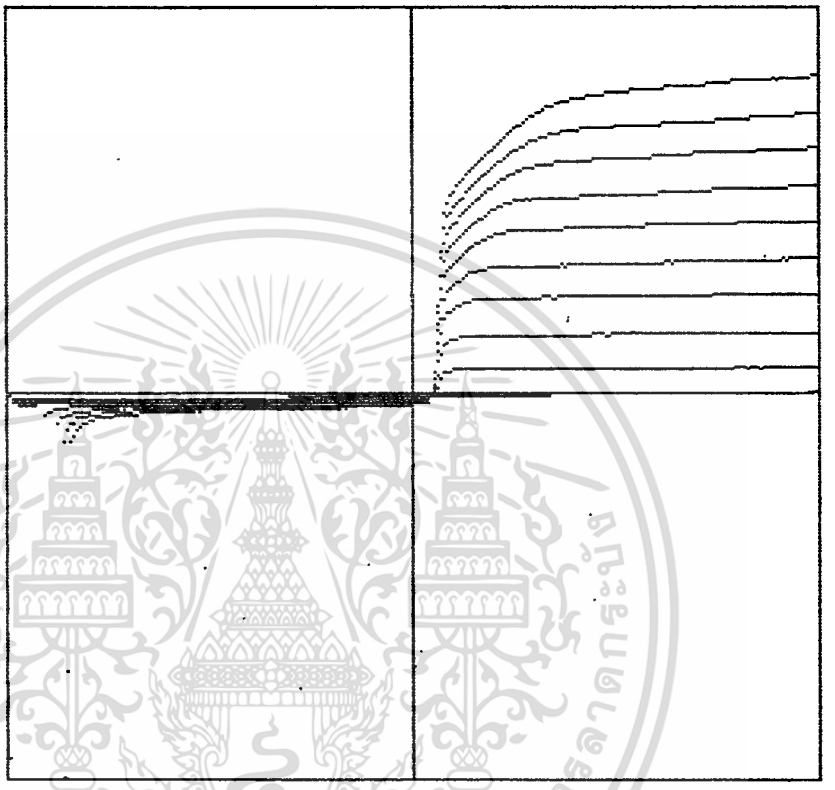
ตั้งค่า Steps : 7

Class : 15

ผลสรุป : มีอัตราการขยายสูง ทำงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

--- Graph charecteristics from Curve Tracer ---



รูปที่ 3.5 แสดงกราฟคุณสมบัติของ Transistor หมายเลข 2SC1815

อุปกรณ์ : Transistor หมายเลข 2SC1815

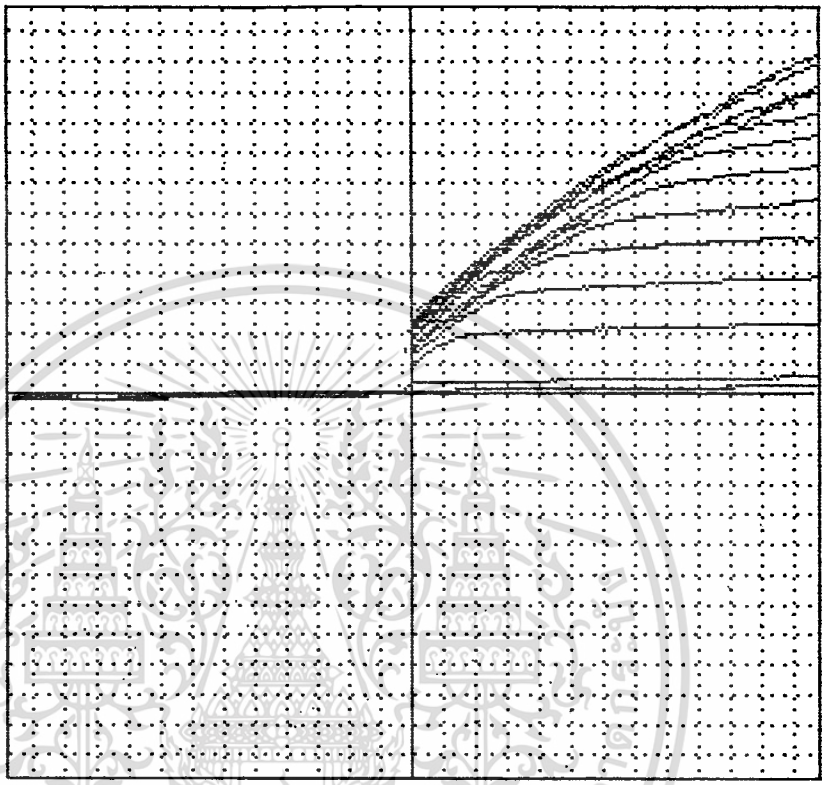
ตั้งค่า Steps : 27

Class : 15

ผลสรุป : ทำงานปกติ จุด Breakdown ช่วง Reverse ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-- Graph charecteristics from Curve Tracer --



**รูปที่ 3.6** แสดงกราฟคุณสมบัติของ Transistor หมายเลข BA992

อุปกรณ์ : Transistor หมายเลข BA992

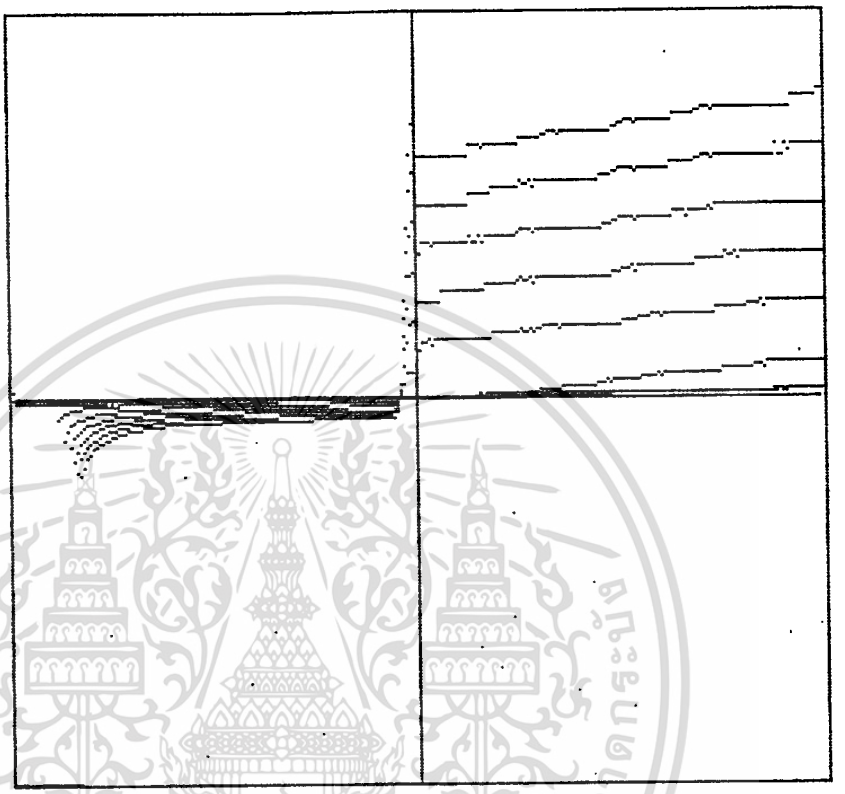
ตั้งค่า Steps : 11

Class : 15

ผลสรุป : ผิดปกติ ใช้งานไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-- Graph charecteristics from Curve Tracer --



**รูปที่ 3.7** แสดงกราฟคุณสมบัติของ Transistor หมายเลข B9013

**อุปกรณ์ :** Transistor หมายเลข B9013

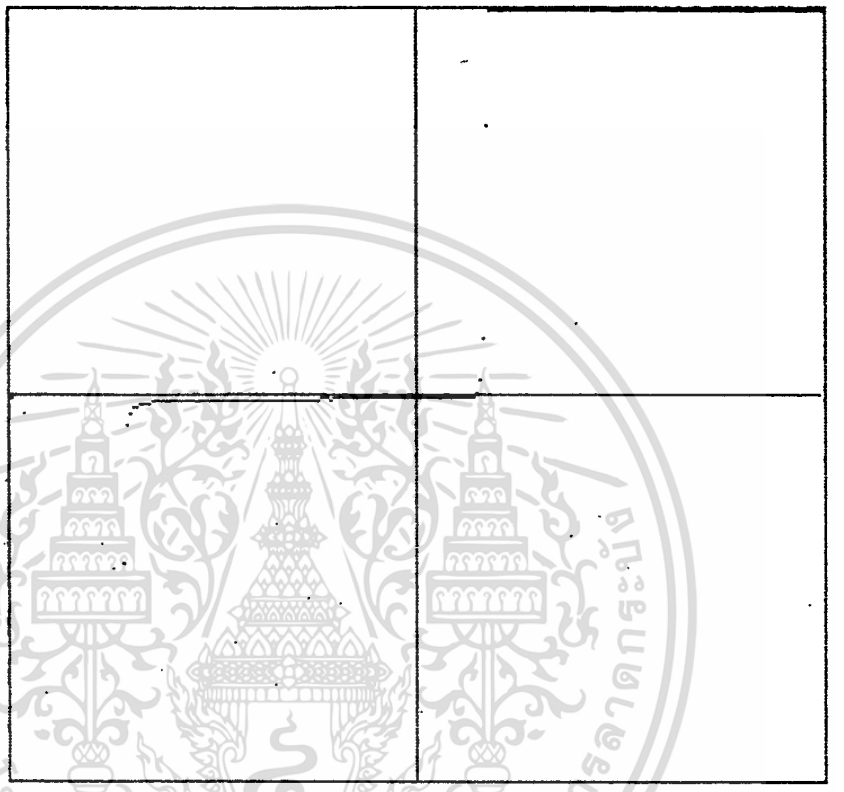
**ตั้งค่า** Steps : 21

Class : 12

**ผลสรุป :** ช่วงการทำงานไม่ Linear

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-- Graph charecteristics from Curve Tracer --



รูปที่ 3.8 แสดงกราฟคุณสมบัติของ Zener Diode

อุปกรณ์ : Zener diode

ตั้งค่า Steps : 9

Class : 1

ผลสรุป : จุดทำงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทสรุป

Curve Tracer เป็นโปรแกรมควบคุมวงจรฮาร์ดแวร์ ตั้งแต่การส่งข้อมูลออกไปที่วงจรเพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ และการตรวจรับข้อมูล ตลอดจนการแสดงผลการทดสอบอุปกรณ์ ด้วยรูปกราฟ ให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้ ในการพิมพ์รูปออกทางเครื่องพิมพ์ และสามารถเก็บข้อมูลไว้ในไฟล์ได้ ตัวโปรแกรมก็มีระบบ Menu แบบ Pop-up Pull-down menu ควบคู่กับการควบคุมด้วยเมาส์ พร้อมด้วย Help command, Error massage จึงเป็นจุดที่ให้ความสะดวก แก่ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง

แต่อย่างไรก็ดี โปรแกรม Curve Tracer ยังมีความสามารถ ในการทดสอบอุปกรณ์อย่างจำกัด เนื่องจากสามารถทดสอบได้เฉพาะอุปกรณ์ Transister, Resister และ พวกไดโอด ซึ่งถ้าผู้อ่านมีความสนใจ ก็สามารถพัฒนาโปรแกรมนี้ต่อไปได้ โดยใช้หลักการควบคุม ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยการปรับเปลี่ยน หรือเพิ่มเติม วิธีการป้อนข้อมูลไปสู่ฮาร์ดแวร์ ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์แต่ละชนิดได้ โดยไม่จำเป็นต้องปรับปรุง วงจรของฮาร์ดแวร์อีกต่อไป

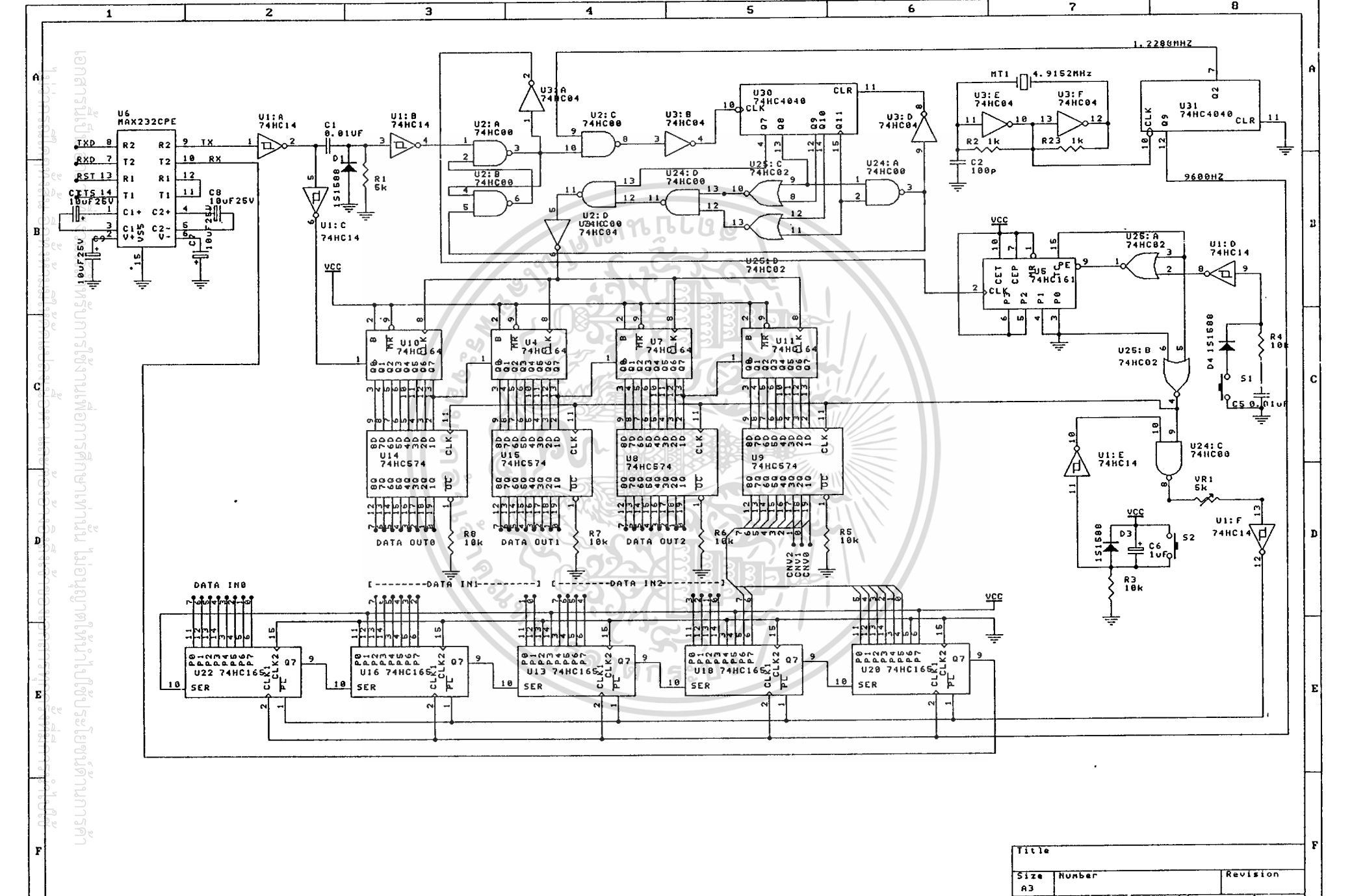
ถ้าพิจารณา วงจรฮาร์ดแวร์ ในแง่ความสามารถของ Project นี้ จะพบว่าเป็นวงจรที่ให้ความละเอียด ในการทดสอบสูงมาก ในโหมด Voltage จะให้ความละเอียดสูงสุด 195.3125 μV ต่อ 1 บิทความแตกต่าง และในโหมด Current จะให้ความละเอียดสูงสุด 1.953125 μA ต่อ 1 บิทความแตกต่าง วิธีการปรับเปลี่ยนค่าเหล่านี้ ดูได้จากตาราง VSCM และ CSVM ในส่วนของการปรับแต่งและตั้ง Range ของวงจรฮาร์ดแวร์ แต่ถ้าจะพิจารณา วงจรฮาร์ดแวร์ เพื่อการทดสอบอุปกรณ์ที่ Power สูง ๆ เช่น Power transister แล้ว Curve Tracer ตัวนี้ย่อมไม่เหมาะสม จึงกล่าวได้ว่า Curve Tracer ชุดนี้เหมาะสำหรับทดสอบอุปกรณ์ชนิด Small signal ซึ่งต้องการความละเอียดสูง ๆ ได้เป็นอย่างดี

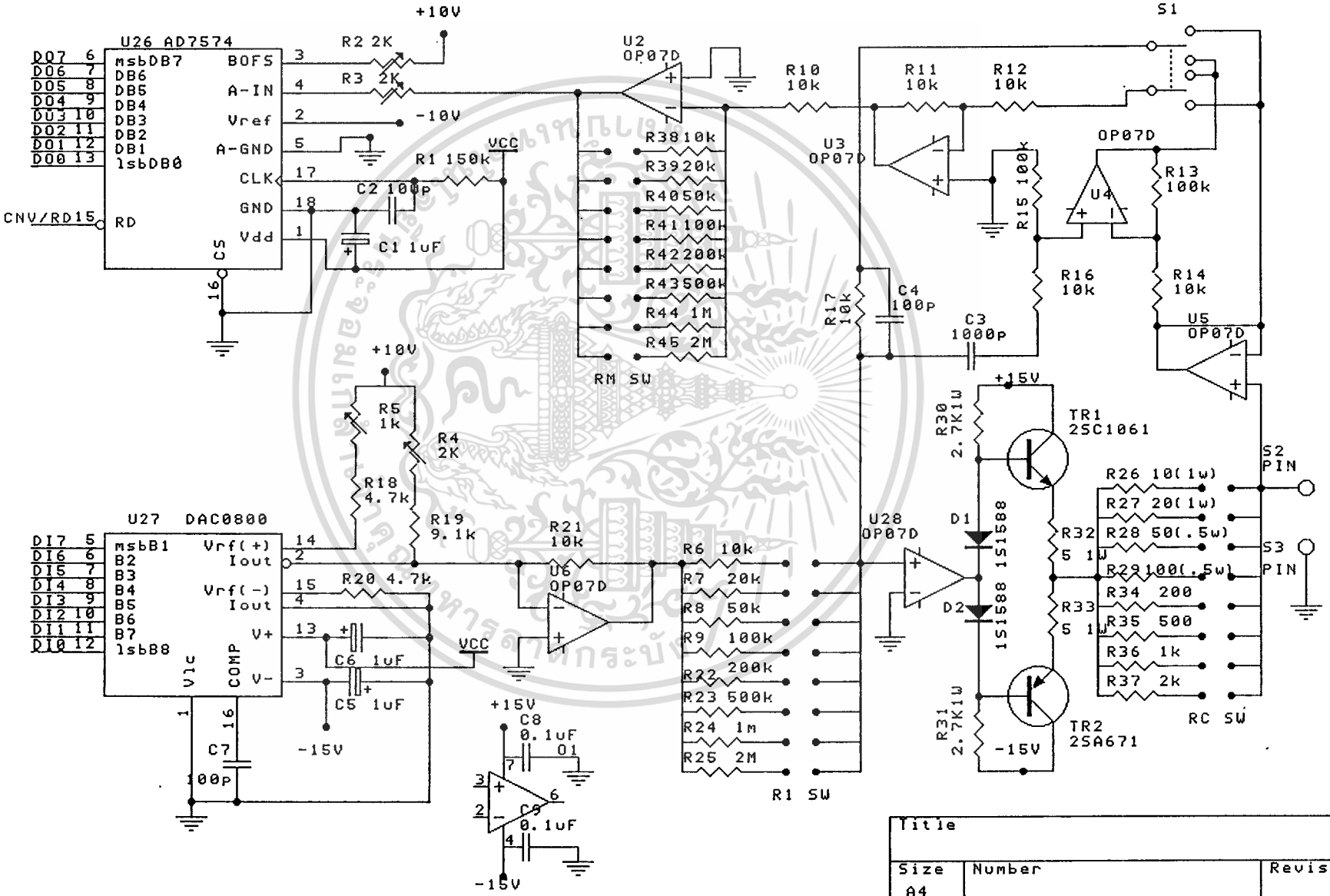
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

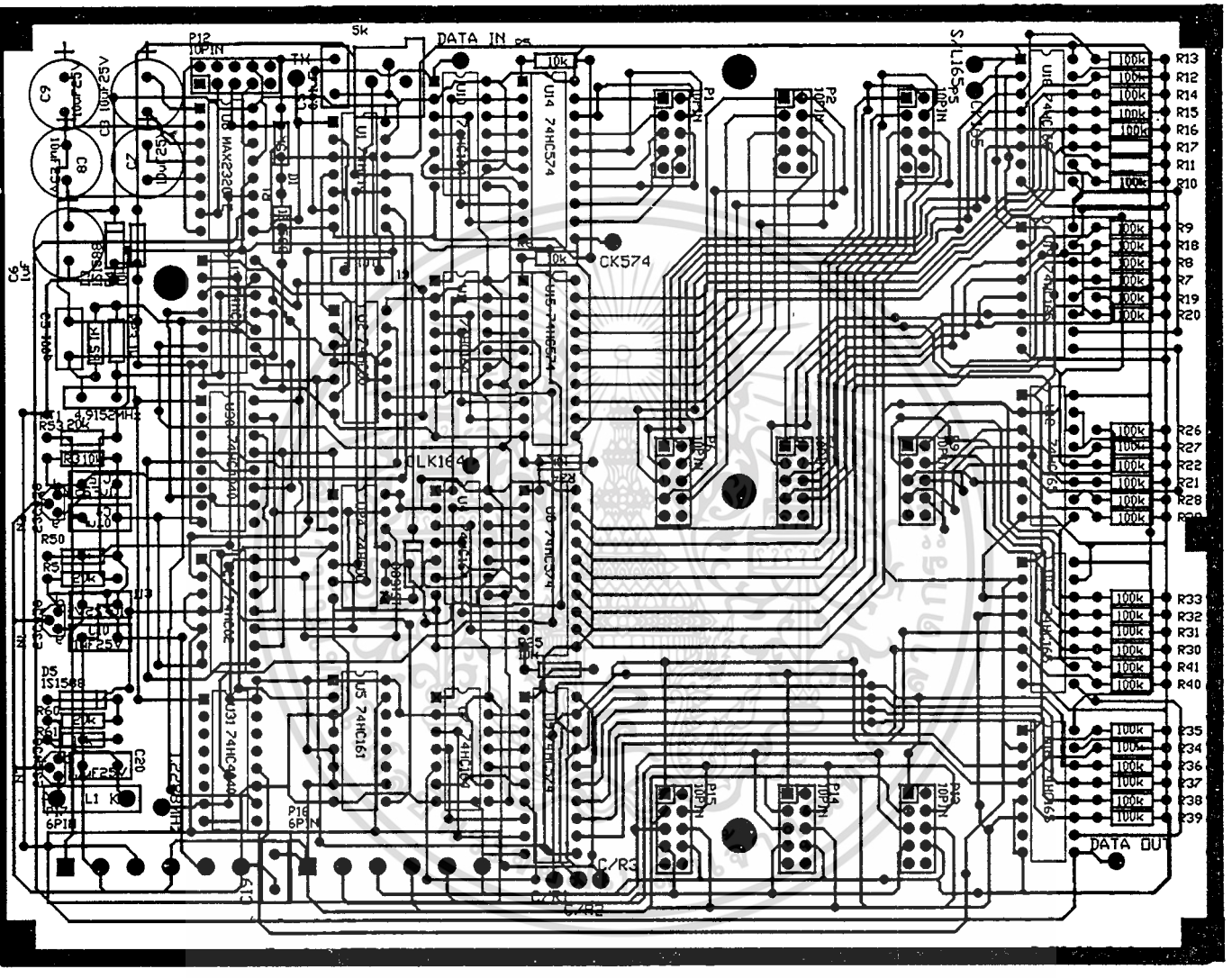
# ภาคผนวก ก.

# ลายวงจรและลายวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

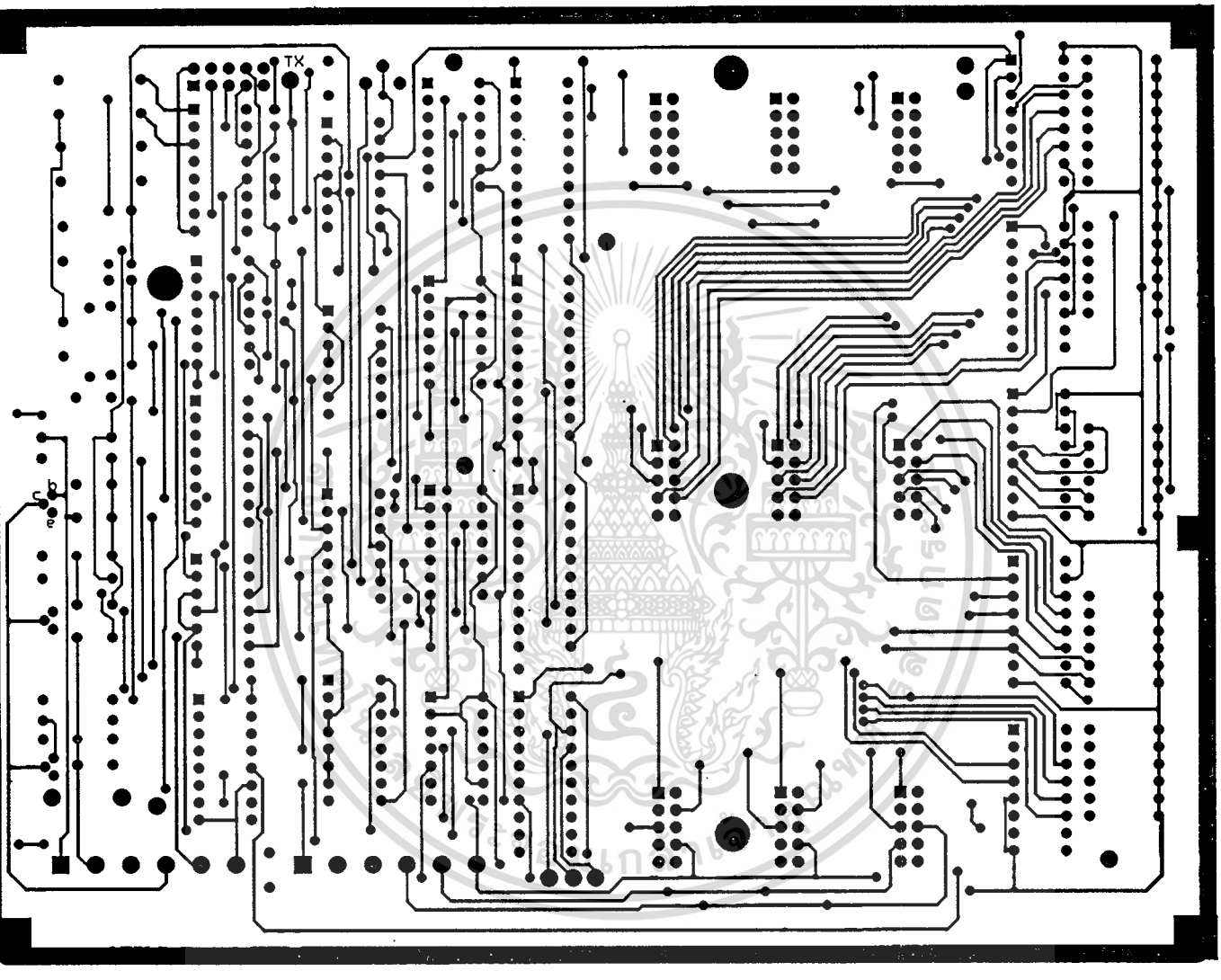

1.2288MHZ
MT1 4.9152MHz
9600HZ
U6 MAX232CPE
TXD
RXD
RST
DTS
C1 0.01UF
C2 100p
C7 10uF25V
C8 10uF25V
C9 10uF25V
D1 1S1588
R1 5k
R2 1k
R23 1k
U1:A 74HC14
U1:B 74HC14
U1:C 74HC14
U1:D 74HC14
U1:E 74HC14
U1:F 74HC14
U2:A 74HC00
U2:B 74HC00
U2:C 74HC00
U2:D 74HC00
U3:A 74HC04
U3:B 74HC04
U3:D 74HC04
U3:E 74HC04
U3:F 74HC04
U4 74HC164
U5 74HC161
U7 74HC164
U8 74HC574
U9 74HC574
U10 74HC164
U11 74HC164
U14 74HC574
U15 74HC574
U16 74HC165
U18 74HC165
U20 74HC165
U22 74HC165
U24:A 74HC00
U24:C 74HC00
U24:D 74HC00
U25:A 74HC02
U25:B 74HC02
U25:C 74HC02
U25:D 74HC02
U30 74HC4040
U31 74HC4040
VCC
DATA OUT0
DATA OUT1
DATA OUT2
R4 10k
R5 10k
R6 10k
R7 10k
R8 10k
VR1 5k
D3 1S1588
C6 1uF
S1
S2
DATA IN0
DATA IN1
DATA IN2
Title
Size A3
Number
Revision


1
2
3
4
A
B
C
D
U26 AD7574
msbDB7
DB6
DB5
DB4
DB3
DB2
DB1
lsbDB0
BOFS
A-IN
Vref
A-GND
CLK
GND
Vdd
CS
RD
CNV/RD15
D07 6
D06 7
D05 8
D04 9
DU3 10
D02 11
D01 12
D00 13
+10V
-10V
R2 2K
R3 2K
R1 150k
C2 100p
C1 1uF
VCC
U2
OP07D
R10
10k
R3810k
R3920k
R4050k
R41100k
R42200k
R43500k
R44 1M
R45 2M
RM SW
S1
R11
10k
R12
10k
U3
OP07D
R15 100k
OP07D
U4
R13
100k
R16
10k
R14
10k
U5
OP07D
R17
10k
C4
100p
C3
1000p
+15V
R30
2.7K1W
TR1
2SC1061
S2
PIN
R26 10(1w)
R27 20(1w)
R28 50(.5w)
R29100(.5w)
R34 200
R35 500
R36 1k
R37 2k
RC SW
S3
PIN
D1
1S1588
D2
1S1588
R32
5 1W
R33
5 1W
R31
2.7K1W
TR2
2SA671
-15V
U28
OP07D
R6 10k
R7 20k
R8 50k
R9 100k
R22 200k
R23 500k
R24 1M
R25 2M
R1 SW
R5
1k
R4
2K
R18
4.7k
R19
9.1k
R21
10k
U6
OP07D
R20 4.7k
U27 DAC0800
msbB1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
lsbB8
Vrf(+)
Iout
Vrf(-)
Iout
V+
V-
Vlc
COMP
DI7 5
DI6 6
DI5 7
DI4 8
DI3 9
DI2 10
DI1 11
DI0 12
C6 1uF
C5 1uF
C7
100p
-15V
+15V
C8
0.1uF
C9
0.1uF
Title
Size
A4
Number
Revision
Date: 10-MAR 1995
Sheet of



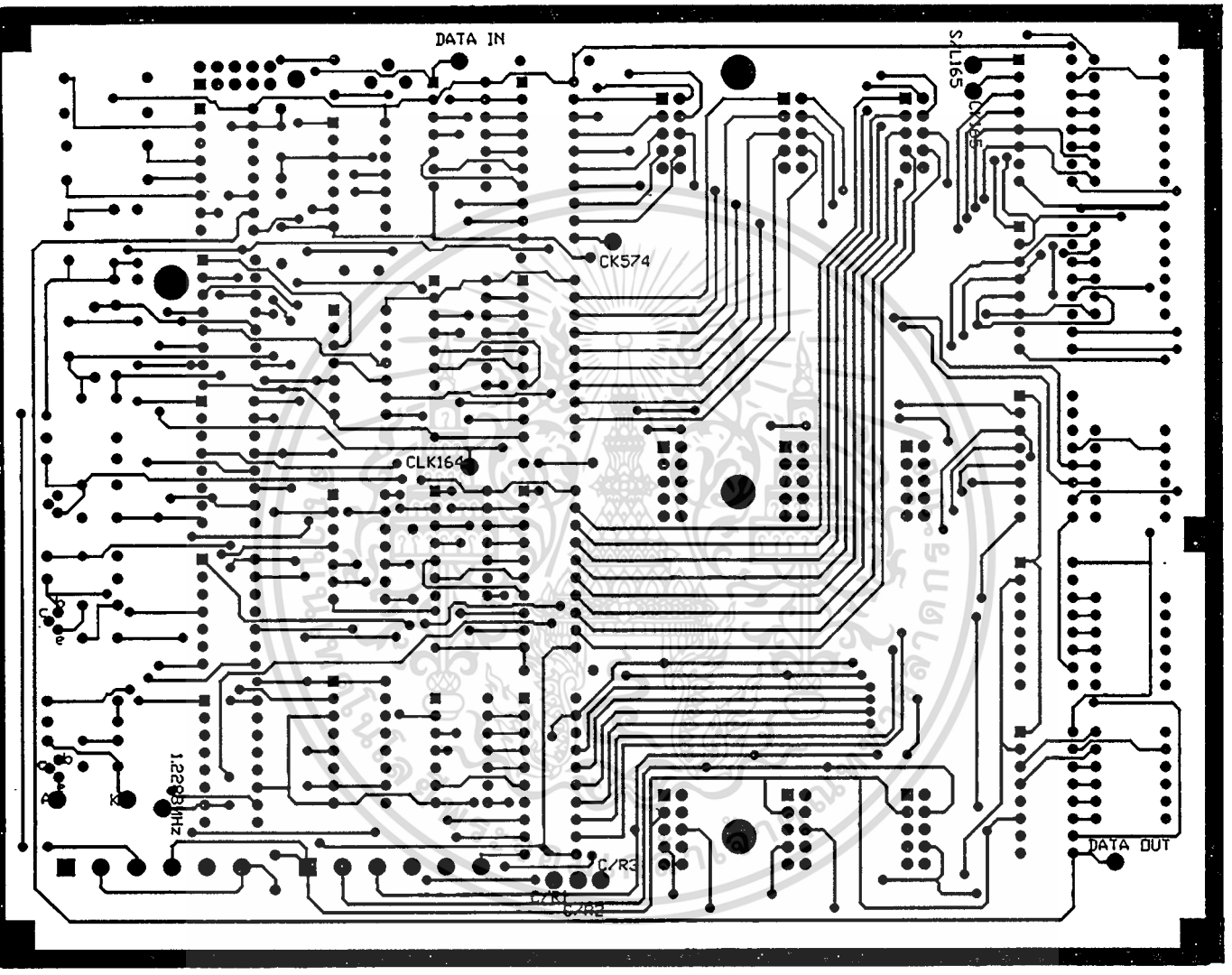

IN Check Plot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



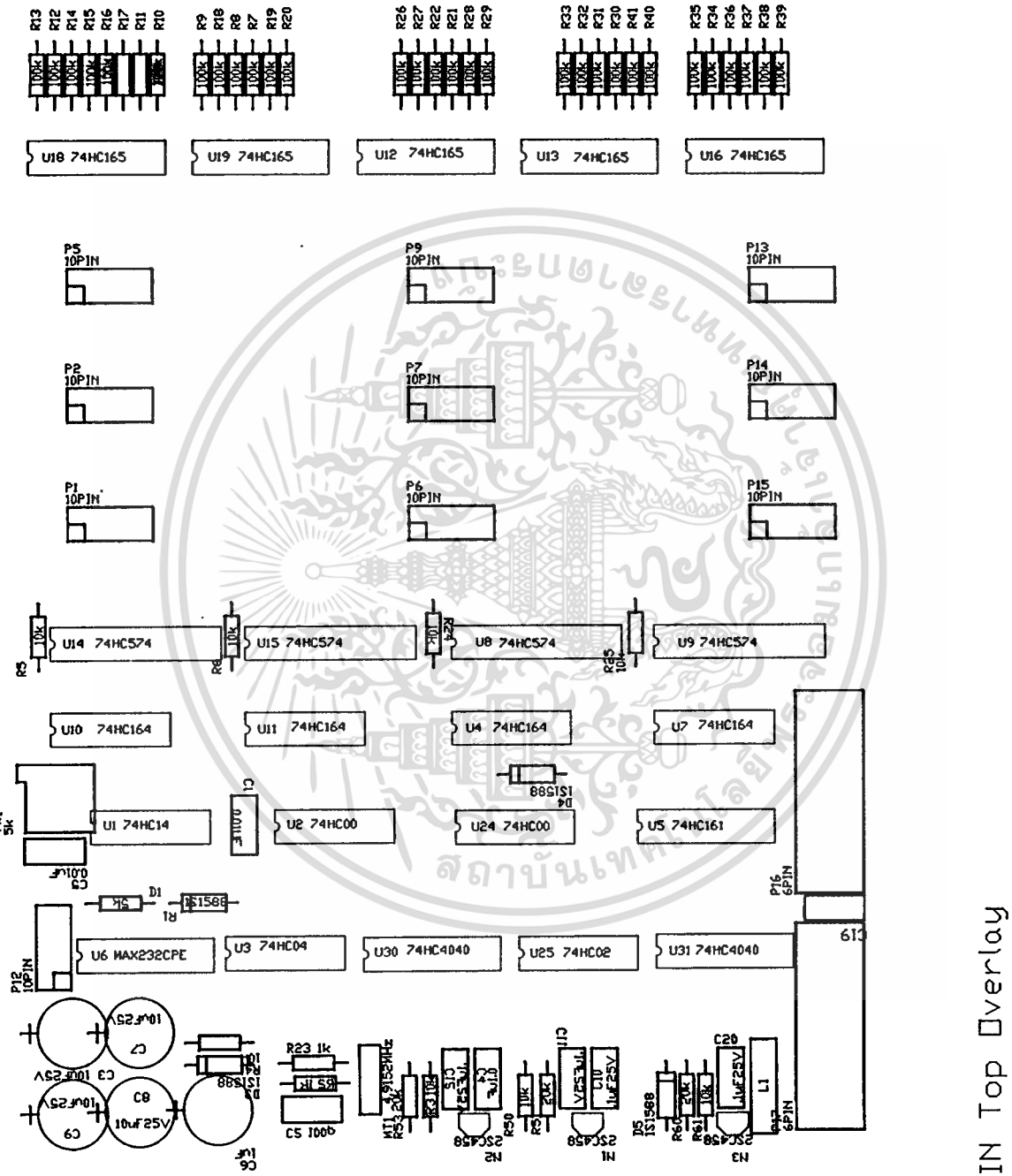

IN Bottom Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




IN Top Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




Top Overlay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่กรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPAMP Check Plot



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPAMP Bottom Layer



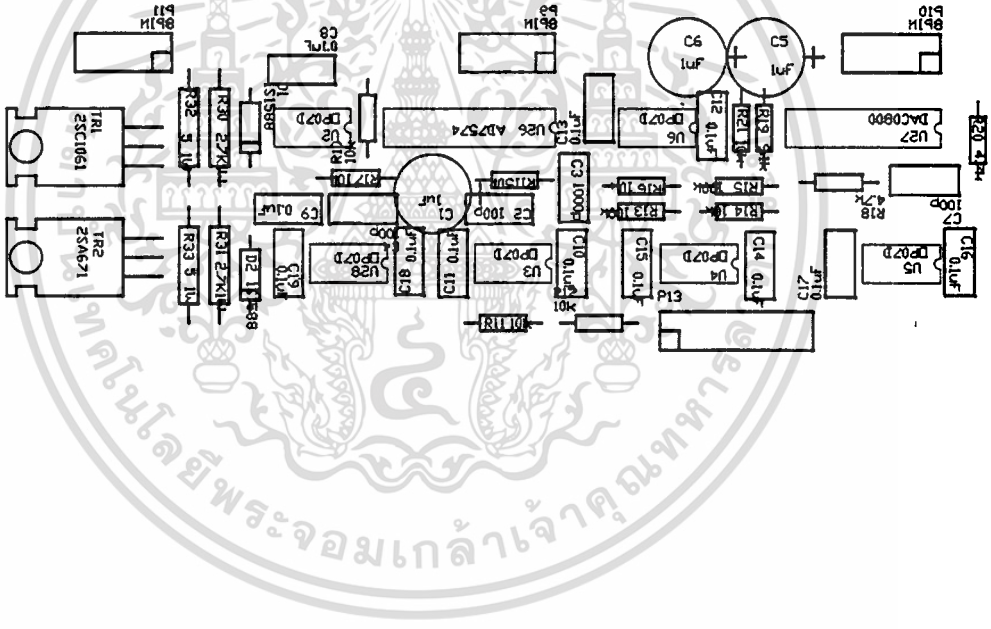

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPAMP Top Layer



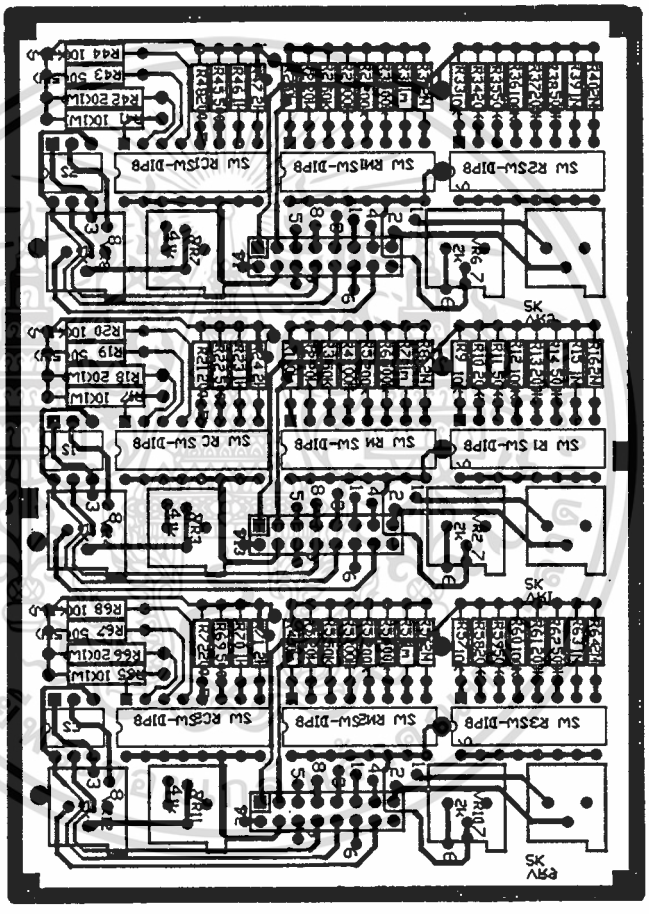
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PAMP Top Overlay



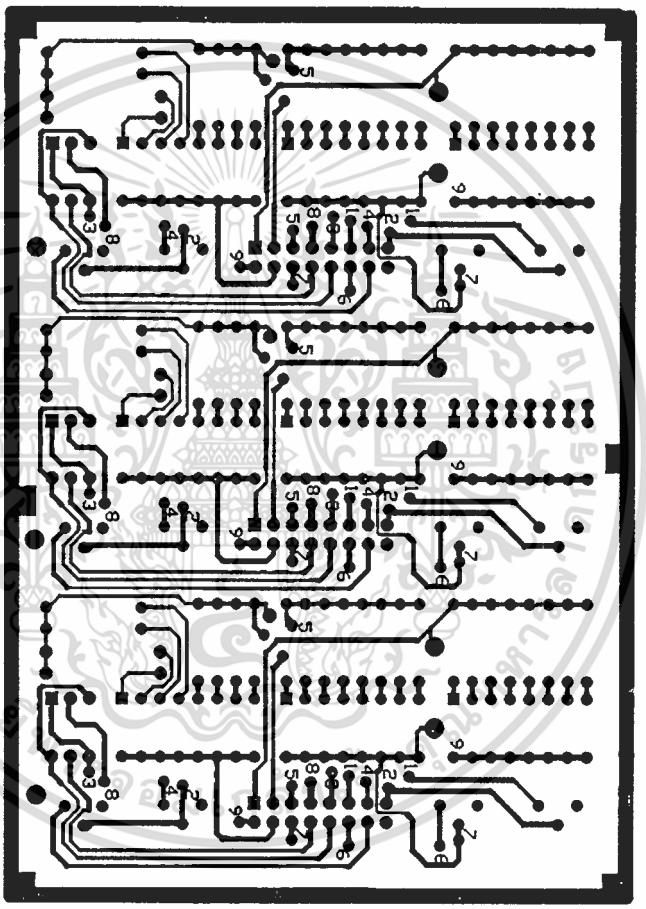

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SW Check Plot



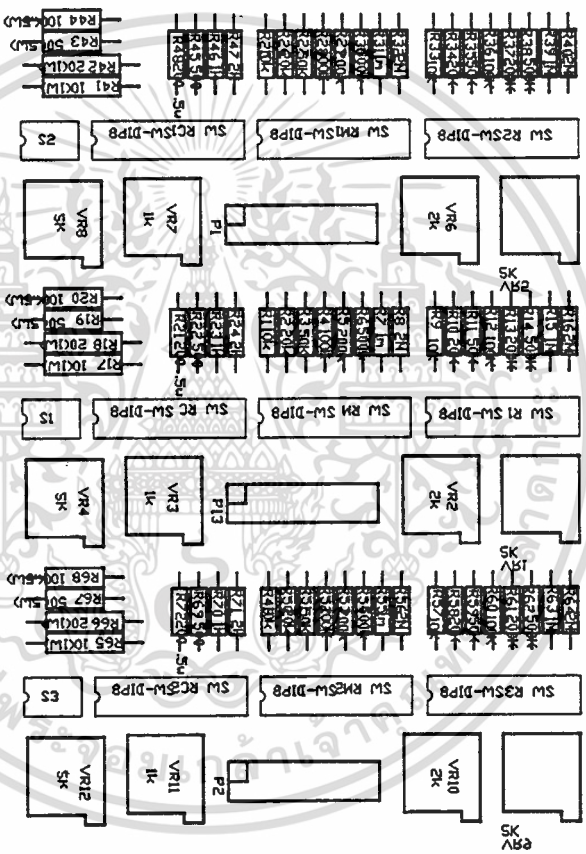
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SW Top Layer



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SW Top Overlay



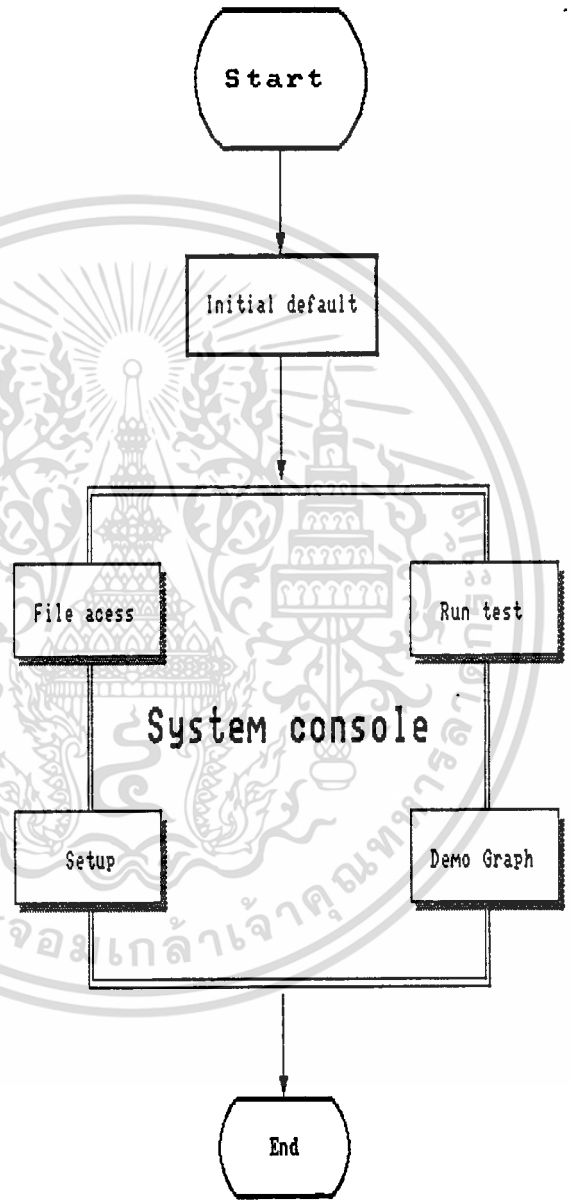

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข.

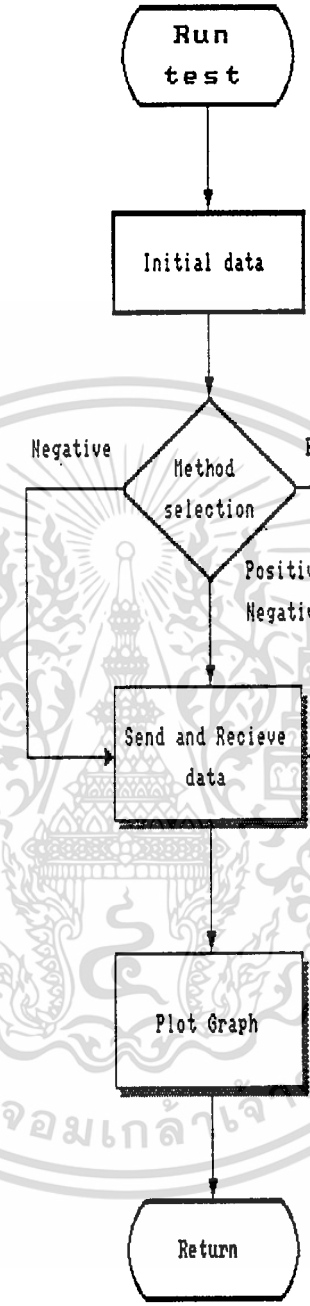
# Flow Chart ของโปรแกรม Curve Tracer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

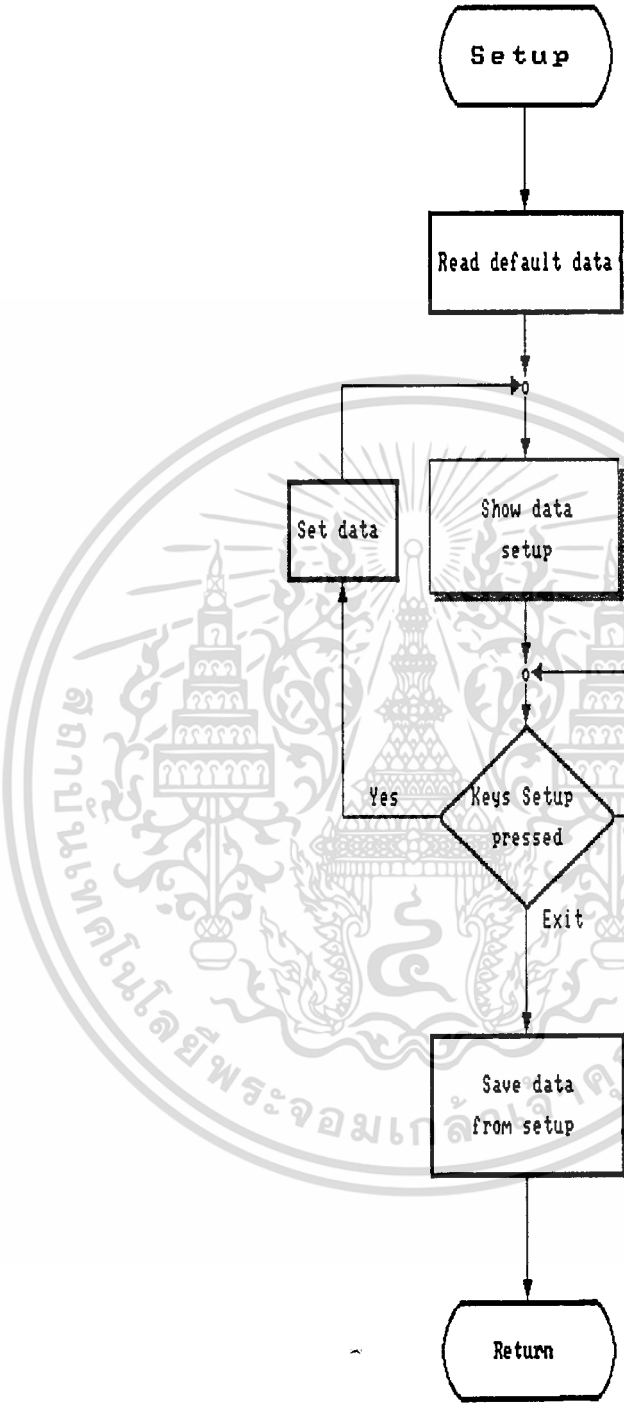
# System Flowchart




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

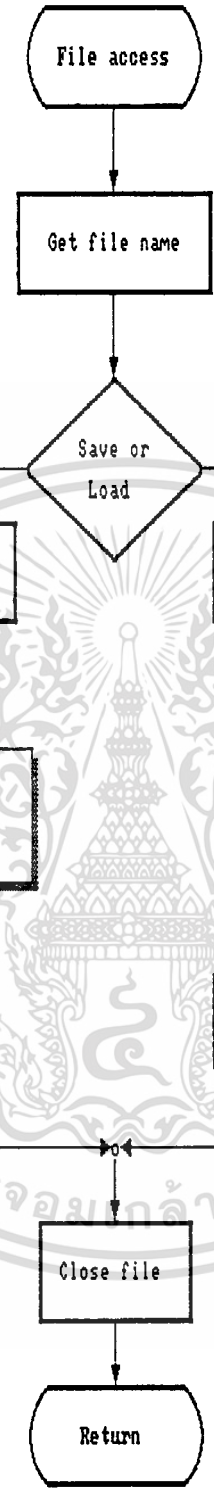



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค.

# Printer Control Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.086. PRINTER ADAPTER I/O PORT USAGE

| | Bit Number | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Port* | *7* | *6* | *5* | *4* | *3* | *2* | *1* | *0* | *Adapter* | *Direction* | *Function* |
| *378* | ✔ | | | | | | | | Printer | Output | Controls pin 9 (data bit 7) |
| | | ✔ | | | | | | | Printer | Output | Controls pin 8 (data bit 6) |
| | | | ✔ | | | | | | Printer | Output | Controls pin 7 (data bit 5) |
| | | | | ✔ | | | | | Printer | Output | Controls pin 6 (data bit 4) |
| | | | | | ✔ | | | | Printer | Output | Controls pin 5 (data bit 3) |
| | | | | | | ✔ | | | Printer | Output | Controls pin 4 (data bit 2) |
| | | | | | | | ✔ | | Printer | Output | Controls pin 3 (data bit 1) |
| | | | | | | | | ✔ | Printer | Output | Controls pin 2 (data bit 0) |
| *379* | ✔ | | | | | | | | Printer | Input | Status of pin 11 (busy) |
| | | ✔ | | | | | | | Printer | Input | Status of pin 10 (acknowledge) |
| | | | ✔ | | | | | | Printer | Input | Status of pin 12 (out of paper) |
| | | | | ✔ | | | | | Printer | Input | Status of pin 13 (select) |
| | | | | | ✔ | | | | Printer | Input | Status of pin 15 (error) |
| | | | | | | ✔ | ✔ | ✔ | Printer | Input | NOT USED |
| *37A* | ✔ | ✔ | ✔ | | | | | | Printer | Input | NOT USED |
| | | | | ✔ | | | | | Printer | Input | Status of IRQ Enable |
| | | | | | ✔ | | | | Printer | Input | Inverted status of pin 17 (select input) |
| | | | | | | ✔ | | | Printer | Input | Status of pin 16 (initialize printer) |
| | | | | | | | ✔ | | Printer | Input | Inverted status of pin 14 (auto feed) |
| | | | | | | | | ✔ | Printer | Input | Inverted status of pin 1 (strobe) |
| | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | | | | | Printer | Output | NOT USED |
| | | | | | ✔ | | | | Printer | Output | Inverted status of pin 17 (select input) |
| | | | | | | ✔ | | | Printer | Output | Status of pin 16 (initialize printer) |
| | | | | | | | ✔ | | Printer | Output | Inverted status of pin 14 (auto feed) |
| | | | | | | | | ✔ | Printer | Output | Inverted status of pin 1 (strobe) |
| *3BC* | ✔ | | | | | | | | MDA | Output | Controls pin 9 (data bit 7) |
| | | ✔ | | | | | | | MDA | Output | Controls pin 8 (data bit 6) |
| | | | ✔ | | | | | | MDA | Output | Controls pin 7 (data bit 5) |
| | | | | ✔ | | | | | MDA | Output | Controls pin 6 (data bit 4) |
| | | | | | ✔ | | | | MDA | Output | Controls pin 5 (data bit 3) |
| | | | | | | ✔ | | | MDA | Output | Controls pin 4 (data bit 2) |
| | | | | | | | ✔ | | MDA | Output | Controls pin 3 (data bit 1) |
| | | | | | | | | ✔ | MDA | Output | Controls pin 2 (data bit 0) |
| *3BD* | ✔ | | | | | | | | MDA | Input | Status of pin 11 (busy) |
| | | ✔ | | | | | | | MDA | Input | Status of pin 10 (acknowledge) |
| | | | ✔ | | | | | | MDA | Input | Status of pin 12 (out of paper) |
| | | | | ✔ | | | | | MDA | Input | Status of pin 13 (select) |
| | | | | | ✔ | | | | MDA | Input | Status of pin 15 (error) |
| | | | | | | ✔ | ✔ | ✔ | MDA | Input | NOT USED |
| *3BE* | ✔ | ✔ | ✔ | | | | | | MDA | Input | NOT USED |
| | | | | ✔ | | | | | MDA | Input | Status of IRQ enable |
| | | | | | ✔ | | | | MDA | Input | Inverted status of pin 17 (select input) |
| | | | | | | ✔ | | | MDA | Input | Status of pin 16 (initialize printer) |
| | | | | | | | ✔ | | MDA | Input | Inverted status of pin 14 (auto feed) |
| | | | | | | | | ✔ | MDA | Input | Inverted status of pin 1 (strobe) |
| | ✔ | ✔ | ✔ | ✔ | | | | | MDA | Output | NOT USED |
| | | | | | ✔ | | | | MDA | Output | Inverted status of pin 17 (select input) |
| | | | | | | ✔ | | | MDA | Output | Status of pin 16 (initialize printer) |
| | | | | | | | ✔ | | MDA | Output | Inverted status of pin 14 (auto feed) |
| | | | | | | | | ✔ | MDA | Output | Inverted status of pin 1 (strobe) |

**Note:**
- Although the printer adapter and MDA printer ports work identically, they appear at different port addresses.
- The source contains incomplete material.

**Source:** IBM Options and Adapters Technical Reference, Vol. 2, pages Printer Adapter 3 through 7 and Monochrome Adapter 13 through 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.087. IBM PRINTER CONTROL CODES SUMMARY

| | | | | | Printer Type* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Function Type | Function | Code | ASCII | Hex | Graphics | Color | Compact |
| Character Style | Select char set 1 | <ESC>7 | 55 | 1B 37 | ✔ | ✔ | |
| | Select char set 2 | <ESC>6 | 54 | 1B 36 | ✔ | ✔ | |
| | 10 characters per inch (Compressed OFF) spacing | <DC2> | 18 | 12 | ✔ | ✔ | ✔ |
| | 17.1 characters per inch (Compressed ON) spacing | <SI> | 15 | 0F | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Doublestrike ON | <ESC>G | 71 | 1B 47 | ✔ | ✔ | |
| | Doublestrike OFF | <ESC>H | 72 | 1B 48 | ✔ | ✔ | |
| | Doublewidth ON (lines) | <ESC>W<SOH> | 87 | 1B 57 01 | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Doublewidth OFF (lines) | <ESC>W<NUL> | 87 | 1B 57 00 | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Doublewidth by line ON | <SO> | 14 | 0E | ✔ | ✔ | ✔ |
| | | | | 1B 0E | | ✔ | |
| | Doublewidth by line OFF | <DC4> | 20 | 14 | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Emphasized printing ON | <ESC>E | 69 | 1B 45 | ✔ | ✔ | |
| | Emphasized printing OFF | <ESC>F | 70 | 1B 46 | ✔ | ✔ | |
| | Subscript ON | <ESC>S<SOH> | 83 | 1B 53 01 | ✔ | ✔ | |
| | Superscript ON | <ESC>S<NUL> | 83 | 1B 53 00 | ✔ | ✔ | |
| | Subscript/superscript OFF | <ESC>T | 84 | 1B 54 | ✔ | ✔ | |
| | Set draft quality print | <ESC>I<SOH> | 73 | 1B 49 01 | | ✔ | |
| | Set text quality print | <ESC>I<STX> | 73 | 1B 49 02 | | ✔ | |
| | Set letter quality print | <ESC>I<ETX> | 73 | 1B 49 03 | | ✔ | |
| | Proportional spacing ON | <ESC>P<SOH> | 80 | 1B 50 01 | | ✔ | |
| | Proportional spacing OFF | <ESC>P<NUL> | 80 | 1B 50 00 | | ✔ | |
| | 12 characters per inch spacing | <ESC>: | 58 | 1B 3A | | ✔ | |
| | Print all characters† | <ESC>## | 92 | 1B 5C## | | ✔ | |
| | Print next character | <ESC>^ | 94 | 1B 5E | | ✔ | |
| | Underline ON | <ESC>-<SOH> | 45 | 1B 2D 01 | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Underline OFF | <ESC>-<NUL> | 45 | 1B 2D 00 | ✔ | ✔ | ✔ |
| Page Settings | Ignore paper end ON | <ESC>8 | 56 | 1B 38 | ✔ | | |
| | Ignore paper end OFF | <ESC>8 | 56 | 1B 38 | ✔ | | |
| | Set length of page in lines (1-127) | <ESC>C# | 67 | 1B 43# | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Set length of page in inches (1-22) | <ESC>C<SOH># | 67 | 1B 43 00# | ✔ | ✔ | |
| | Automatic line justification ON | <ESC>M<SOH> | 77 | 1B 4D 01 | | ✔ | |
| | Automatic line justification OFF | <ESC>M<NUL> | 77 | 1B 4D 00 | | ✔ | |
| | Perforation skip ON (1-127) | <ESC>N# | 78 | 1B 4E# | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Perforation skip OFF | <ESC>O | 79 | 1B 4F | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Set top of page (form) | <ESC>4 | 52 | 1B 34 | | ✔ | |
| | Set left and right margins | <ESC>X## | 88 | 1B 58## | | ✔ | |
| | Clear tabs (set tabs to power-on defaults) | <ESC>R | 82 | 1B 52 | | ✔ | ✔ |
| | Set horizontal tab stops | <ESC>D#...#<NUL> | 68 | 1B 44#...# 00 | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Set vertical tab stops | <ESC>B#...#<NUL> | 66 | 1B 42#...# 00 | | ✔ | ✔ |
| Line Settings | Carriage return | <CR> | 13 | 0D | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Line feed | <LF> | 10 | 0A | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Set variable line feed to #/72 inch (1-85) | <ESC>A# | 65 | 1B 41# | ✔ | ✔ | |
| | Set variable line feed to #/216 inch (1-255) | <ESC>J# | 74 | 1B 4A# | ✔ | #/144" | |
| | Set 1/8 inch line feed | <ESC>0 | 48 | 1B 30 | ✔ | ✔ | ✔ |
| Line Settings | Set 7/72 inch line feed | <ESC>1 | 49 | 1B 31 | ✔ | 6/72" | 6/72" |
| | Start variable line feed (used after EscA) | <ESC>2 | 50 | 1B 32 | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Set #/216 inch line feed (1-255) | <ESC>3# | 51 | 1B 33# | ✔ | #/144" | |
| | Vertical tab | <VT> | 11 | 0B | | ✔ | ✔ |
| | Reverse line feed | <ESC>] | 93 | 1B 5D | | ✔ | |
| | Automatic line feed ON | <ESC>5<SOH> | 53 | 1B 35 01 | | ✔ | ✔ |
| | Automatic line feed OFF | <ESC>5<NUL> | 53 | 1B 35 00 | | ✔ | ✔ |

(Continued)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.087. IBM PRINTER CONTROL CODES SUMMARY (continued)

| Function Type | Function | Code | ASCII | Hex | Printer Type* Graphics | Color | Compact |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Printer Control | Escape (command start) | <ESC> | 27 | 1B | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Null (command end) | <NUL> | 0 | 0 | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Ring bell | <BELL> | 7 | 7 | ✔ | ✔ | |
| | Cancel (clear printer buffer) | <CAN> | 24 | 18 | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Select printer | <DC1> | 17 | 11 | | ✔ | |
| | Deselect color printer | <ESC>Q<STX> | 81 | 1B 51 02 | | ✔ | |
| | Deselect printer | <DC3> | 19 | 13 | | ✔ | |
| | Automatic ribbon band shift | <ESC>a | 97 | 1B 61 | | ✔ | |
| | Select ribbon band 4 (black) | <ESC>b | 98 | 1B 62 | | ✔ | |
| | Select ribbon band 3 | <ESC>c | 99 | 1B 63 | | ✔ | |
| | Space #/120 forward to next character | <ESC>d## | 100 | 1B 64## | | ✔ | |
| | Space #/120 backward to next character | <ESC>e## | 101 | 1B 65## | | ✔ | |
| | Select ribbon band 2 | <ESC>m | 109 | 1B 6D | | ✔ | |
| | Set aspect ratio to 1:1 | <ESC>n<SOH> | 110 | 1B 6E 01 | | ✔ | |
| | Set aspect ratio to 5:6 | <ESC>n<NUL> | 110 | 1B 6E 00 | | ✔ | |
| | Select ribbon band 1 | <ESC>y | 121 | 1B 79 | | ✔ | |
| | Initialize function ON | <ESC>?<SOH> | 63 | 1B 3F 01 | | ✔ | |
| | Initialize function OFF | <ESC>?<NUL> | 63 | 1B 3F 00 | | ✔ | |
| | Unidirectional printing ON | <ESC>U<SOH> | 85 | 1B 55 01 | ✔ | ✔ | |
| | Unidirectional printing OFF | <ESC>U<NUL> | 85 | 1B 55 00 | ✔ | ✔ | |
| | Home print head | <ESC>< | 60 | 1B 3C | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Form feed | <FF> | 12 | 0C | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Horizontal tab | <HT> | 9 | 9 | ✔ | ✔ | ✔ |
| | Select control-value data type | <ESC>@# | 64 | 1B 40# | | ✔ | |
| | Backspace | <BS> | 8 | 8 | | ✔ | |
| Graphics | Set to 480 bit image graphics mode | <ESC>K## [data] | 75 | 1B 4B## | ✔ | 1108 | 560 |
| | Set to 960 bit image graphics mode, half speed | <ESC>L## [data] | 76 | 1B 4C## | ✔ | 2216 | |
| | Set to 960 bit image graphics mode, normal speed | <ESC>Y## [data] | 89 | 1B 59## | ✔ | 2216 | |
| | Set to 1920 bit image graphics mode | <ESC>Z## [data] | 90 | 1B 5A## | ✔ | 4432 | |

*Refers to IBM Graphics Printer, IBM Color Printer, and IBM Compact Printer, respectively.
†Number of characters to print

**Note:**
- Characters enclosed in brackets are ASCII code names, as in <ESC>.
- # should be replaced by the relevant numeric value in this chart.
- [data] indicates a bitstream of appropriately formatted data.
- Numbers in "bit image graphics modes" indicate number of data bytes that follow.

**Source:** IBM Options and Adapters Technical Reference, Vol. 1, pages Graphics Printer 4 through 6, Color Printer 9 through 35, and Compact Printer 3 through 10

**See Also:**
1.20. ASCII Control Codes
7.088. Qume Sprint 11/Diablo 630 Printer Control Codes Summary
7.089. Epson Printer Control Codes Summary
7.090. HP Laserjet Printer Control Codes Summary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.088. QUME SPRINT II/DIABLO 630 PRINTER CONTROL CODES SUMMARY

| Function Type | Function | Code | ASCII | Hex | Diablo 630 |
|---|---|---|---|---|---|
| Carriage Movement | Backspace 1/120 inch | <ESC><BS> | 8 | 1B 08 | ✔ |
| | Backward (negative) line feed | <ESC><LF> | 10 | 1B 0A | ✔ |
| | Define vertical spacing increment as #-1 | <ESC><RS># | 30 | 1B 1E# | ✔ |
| | Set horizontal space increment to #-1 | <ESC><US># | 31 | 1B 1F# | ✔ |
| | Absolute vertical tab to line #-1 | <ESC><VT># | 11 | 1B 0B# | ✔ |
| | Absolute vertical to line # | <ESC>P# | 80 | 1B 50# | |
| | Absolute horizontal tab to column #-1 | <ESC><HT> | 9 | 1B 09 | ✔ |
| | Absolute horizontal tab to column # | <ESC>C## | 67 | 1B 43## | |
| | Backward (negative) half line feed | <ESC>D | 68 | 1B 44 | ✔ |
| | Half-line feed | <ESC>U | 85 | 1B 55 | ✔ |
| Printer Control | Shift to primary mode | <ESC><SO> | 14 | 1B 0E | |
| | Return to normal mode | <ESC><SI> | 15 | 1B 0F | |
| | Initialize printer | <ESC><SUB>I | 26 | 1B 1A 49 | |
| | Terminal self-test | <ESC><SUB><SO> | 26 | 1B 1A 0E | |
| | Initialize printer | <ESC><CR>P | 13 | 1B 0D | |
| | Enter user test mode | <ESC>@ T | 64 | 1B 40 54 | |
| | Enter secondary mode | <ESC># | 35 | 1B 23 | |
| | Sheet feeder page eject | <ESC>e | 101 | 1B 65 | |
| | Sheet feeder insert page from tray one | <ESC>i | 105 | 1B 69 | |
| Print Special Characters | Print special character position 004 | <ESC><SP> | 32 | 1B 20H | |
| | Print special character position 002 | <ESC>/ | 47 | 1B 2F | |
| Printer Settings | Set right margin | <ESC>0 | 48 | 1B 30 | ✔ |
| | Set horizontal tab stop | <ESC>1 | 49 | 1B 31 | ✔ |
| | Clear all horizontal tab stops | <ESC>2 | 50 | 1B 32 | ✔ |
| | Graphics on 1/60 inch | <ESC>3 | 51 | 1B 33 | ✔ |
| | Graphics off | <ESC>4 | 52 | 1B 34 | ✔ |
| | Forward print | <ESC>5 | 53 | 1B 35 | ✔ |
| | Backward print | <ESC>6 | 54 | 1B 36 | ✔ |
| | Clear horizontal tab stop | <ESC>8 | 56 | 1B 38 | ✔ |
| | Set left margin | <ESC>9 | 57 | 1B 39 | ✔ |
| | Auto line feed on | <ESC>. | 46 | 1B 2E | |
| | Auto line feed off | <ESC>, | 44 | 1B 2C | |
| | Auto bi-directional printing on | <ESC>< | 60 | 1B 3C | |
| | Auto bi-directional printing off | <ESC>> | 62 | 1B 3E | |
| | Set top margin | <ESC>+ | 43 | 1B 2B | |
| | Set bottom margin | <ESC>- | 45 | 1B 2D | |
| | Proportional printwheel on | <ESC>$ | 36 | 1B 24 | ✔ |
| | Proportional printwheel off | <ESC>% | 37 | 1B 25 | ✔ |
| | Set tabs at # | <ESC>(# | 40 | 1B 28# | |
| | Clear tabs at # | <ESC>)# | 41 | 1B 29# | |
| | Define horizontal space increments | <ESC>E## | 69 | 1B 45## | |
| | Set form length | <ESC>F## | 70 | 1B 46## | |
| | Graphics on 1/120 inch | <ESC>G | 71 | 1B 47 | ✔ |
| | Relative horizontal motion | <ESC>H### | 72 | 1B 48### | |
| | Underline on | <ESC>I | 73 | 1B 49 | |
| | Underline off | <ESC>J | 74 | 1B 4A | |
| | Bold overprint on | <ESC>K# | 75 | 1B 4B# | |
| | Define vertical spacing increment | <ESC>L## | 76 | 1B 4C## | |
| | Bold overprint off | <ESC>M# | 77 | 1B 4D# | |
| | No carriage movement on next character | <ESC>N | 78 | 1B 4E | |
| | Right margin control on | <ESC>O | 79 | 1B 4F | |
| | Shadow print on | <ESC>Q | 81 | 1B 51 | |
| | Shadow print off | <ESC>R | 82 | 1B 52 | |
| | No print on | <ESC>S | 83 | 1B 53 | |
| | No print off | <ESC>T | 84 | 1B 54 | |
| | Auto carriage return/line feed on | <ESC>W | 87 | 1B 57 | |
| | Relative vertical paper motion | <ESC>V### | 86 | 1B 56### | |
| | Force execution | <ESC>X | 88 | 1B 58 | |
| | Right margin control off | <ESC>Y | 89 | 1B 59 | |
| | Auto carriage return/line feed off | <ESC>Z | 90 | 1B 5A | |
| | Force execution | <ESC>x | 120 | 1B 78 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Note:**

- Characters enclosed in brackets are ASCII code names, as in <ESC>.
- # should be replaced by the relevant numeric value in this chart.
- Printers also recognize the following ASCII control sequences:

| *Function* | *ASCII Control Code* | *ASCII* | *Diablo 630* |
|---|---|---|---|
| Perform user test continuously | SOH | 1 | |
| Perform user test once | STX | 2 | |
| Halt continuous user test | ENQ | 5 | |
| Sound bell | BEL | 7 | |
| Backspace | BS | 8 | ✔ |
| Horizontal tab | HT | 9 | ✔ |
| Line feed | LF | 10 | ✔ |
| Vertical tab | VT | 11 | ✔ |
| Form feed | FF | 12 | ✔ |
| Carriage return | CR | 13 | ✔ |
| Escape (return to normal) | ESC | 27 | |
| Program mode carriage motion | US | 31 | |
| No operation | DEL | 127 | ✔ |

**Source:** The Winn Rosch Hardware Bible (Brady), pages 400 through 401

**See Also:**
1.20. ASCII Control Codes
7.087. IBM Printer Control Codes Summary
7.089. Epson Printer Control Codes Summary
7.090. HP LaserJet Printer Control Codes Summary

## 7.089. EPSON PRINTER CONTROL CODES SUMMARY

| *Function Type* | *Function* | *Code* | *ASCII* | *Hex* |
|---|---|---|---|---|
| Character Style | Deactivate high-order control codes | <ESC>6 | 54 | 1B 36 |
| | Turn alternate character (italics) ON | <ESC>4 | 52 | 1B 34 |
| | 10 characters per inch (Compressed OFF) spacing | <DC2> | 18 | 12 |
| | 17.1 characters per inch (Compressed ON) spacing | <SI> | 15 | 0F |
| | Doublestrike ON | <ESC>G | 71 | 1B 47 |
| | Doublestrike OFF | <ESC>H | 72 | 1B 48 |
| | Doublewidth ON (lines) | <ESC>W<SOH> | 87 | 1B 57 01 |
| | Doublewidth OFF (lines) | <ESC>W<NUL> | 87 | 1B 57 00 |
| | Enlarged print mode ON | <SO> | 14 | 0E |
| | Enlarged print mode OFF | <DC4> | 20 | 14 |
| | Emphasized printing ON | <ESC>E | 69 | 1B 45 |
| | Emphasized printing OFF | <ESC>F | 70 | 1B 46 |
| | Turn alternate character (italics) ON | <ESC>4 | 52 | 1B 34 |
| | Turn alternate character (italics) OFF | <ESC>5 | 53 | 1B 35 |
| | Elite mode ON (Pica mode OFF) | <ESC>M | 77 | 1B 4D |
| | Select family of type styles | <ESC>k | 107 | 1B 6B |
| | Proportional printing OFF | <ESC>p<NUL> | 112 | 1B 70 00 |
| | Proportional printing ON | <ESC>p<SOH> | 112 | 1B 70 01 |
| | Select letter or draft quality printing | <ESC>z | 122 | 1B 7A |
| | Subscript ON | <ESC>S<SOH> | 83 | 1B 53 01 |
| | Superscript ON | <ESC>S<NUL> | 83 | 1B 53 00 |
| | Subscript/superscript OFF | <ESC>T | 84 | 1B 54 |
| | Control code select | <ESC>I | 73 | 1B 49 |
| | Elite mode OFF (Pica mode ON) | <ESC>P | 80 | 1B 50 |
| | Nine-pin graphics mode | <ESC>^ | 94 | 1B 5E |
| | Underline ON | <ESC>-<SOH> | 45 | 1B 2D 01 |
| | Underline OFF | <ESC>-<NUL> | 45 | 1B 2D 00 |
| Page Settings | Ignore paper end ON | <ESC>8 | 56 | 1B 38 |
| | Ignore paper end OFF | <ESC>9 | 57 | 1B 39 |
| | Set length of page in lines (1-127) | <ESC>C# | 67 | 1B 43# |
| | Set length of page in inches (1-22) | <ESC>C<NUL># | 67 | 1B 43 00# |
| | Set absolute tab | <ESC>$ | 36 | 1B 24 |
| | Set vertical tab | <ESC>/ | 47 | 1B 2F |
| | Set vertical tab | <ESC>b | 98 | 1B 62 |
| | Set horizontal tab unit | <ESC>e<NUL> | 101 | 1B 65 00 |
| | Set vertical tab unit | <ESC>e<SOH> | 101 | 1B 65 01 |
| | Set horizontal skip position | <ESC>f<NUL> | 102 | 1B 66 00 |
| | Set vertical skip position | <ESC>f<SOH> | 102 | 1B 66 01 |
| | Perforation skip ON (1-127) | <ESC>N# | 78 | 1B 4E# |
| | Perforation skip OFF | <ESC>O | 79 | 1B 4F |
| | Set horizontal tab stop | <ESC>D | 68 | 1B 44 |
| | Set vertical tab stop | <ESC>B | 66 | 1B 42 |

*(Continued)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*7.089. EPSON PRINTER CONTROL CODES SUMMARY (continued)*

| Function Type | Function | Code | ASCII | Hex |
|---|---|---|---|---|
| Line Settings | Carriage return | <CR> | 13 | 0D |
| | Line feed | <LF> | 10 | 0A |
| | Set variable line feed to #/72 inch (1-85) | <ESC>A# | 65 | 1B 41# |
| | Set variable line feed to #/216 inch | <ESC>J# | 74 | 1B 4A# |
| | Set spacing at 1/8 inch | <ESC>0 | 48 | 1B 30 |
| | Set spacing at 7/72 inch | <ESC>1 | 49 | 1B 31 |
| | Set line spacing at 1/6 inch | <ESC>2 | 50 | 1B 32 |
| | Set #/216 inch line feed (0-255) | <ESC>3# | 51 | 1B 33# |
| | Vertical tab | <VT> | 11 | 0B |
| Printer Control | Ring bell | <BELL> | 7 | 7 |
| | Clear line | <CAN> | 24 | 18 |
| | Select printer | <DC1> | 17 | 11 |
| | Deselect printer | <DC3> | 19 | 13 |
| | Set justification | <ESC>a | 97 | 1B 61 |
| | Cut sheet feeder control | <ESC>EM | 25 | 1B 19 |
| | Select character space | <ESC>SP | 32 | 1B 20 |
| | Select mode combinations | <ESC>! | 33 | 1B 21 |
| | Select active character set | <ESC>% | 37 | 1B 25 |
| | Copies ROM to user RAM | <ESC>: | 58 | 1B 3A |
| | Defines user characters | <ESC>& | 38 | 1B 26 |
| | Set MSB=0 | <ESC>> | 62 | 1B 3E |
| | Set MSB=1 | <ESC>= | 61 | 1B 3D |
| | Select international character set | <ESC>R#* | 114 | 1B 72# |
| | Select 15 width | <ESC>g | 103 | 1B 67 |
| | Select immediate print (typewriter mode) | <ESC>i | 105 | 1B 69 |
| | Half-speed printing OFF | <ESC>s<NUL> | 115 | 1B 73 00 |
| | Half-speed printing ON | <ESC>s<SOH> | 115 | 1B 73 01 |
| | Set horizontal tab unit | <ESC>e<NUL> | 101 | 1B 65 00 |
| | Set vertical tab unit | <ESC>e<SOH> | 102 | 1B 6D 01 |
| | Special character generator selection (control codes accepted) | <ESC>m<NUL> | 109 | 1B 6D 00 |
| | Special character generator selection (graphics chars accepted | <ESC>m<SOH> | 109 | 1B 6D 01 |
| | Unidirectional printing ON | <ESC>U<SOH> | 85 | 1B 55 01 |
| | Unidirectional printing OFF | <ESC>U<NUL> | 85 | 1B 55 00 |
| | Turn unidirectional (left-to-right) ON | <ESC>< | 60 | 1B 3C |
| | Form feed | <FF> | 12 | 0C |
| | Horizontal tab | <HT> | 9 | 9 |
| | Initialize printer | <ESC>@ | 64 | 1B 40 |
| | Backspace | <BS> | 8 | 8 |
| Graphics | Normal-density bit image follows | <ESC>K | 75 | 1B 4B## |
| | Dual-density bit image follows | <ESC>L | 76 | 1B 4C## |
| | Double-speed, dual-density bit image follows | <ESC>Y | 89 | 1B 59## |
| | Quadruple-density bit image follows | <ESC>Z | 90 | 1B 5A## |

*International character set:
0=U.S.
1=France
2=Germany
3=England
4=Denmark
5=Sweden
6=Italy
7=Spain
8=Japan
9=Norway
10=Denmark II

**Note:**
- Characters enclosed in brackets are ASCII code names, as in <ESC>.
- # should be replaced by the relevant numeric value in this chart.
- [data] indicates a bitstream of appropriately formatted data.
- Numbers in "bit image graphics modes" indicate number of data bytes that follow.

**Source:** The Winn Rosch Hardware Bible (Brady), pages 402 through 405

**See Also:**
1.20. ASCII Control Codes
7.068. Qume Sprint II/Diablo 630 Printer Control Codes Summary
7.087. IBM Printer Control Codes Summary
7.090. HP LaserJet Printer Control Codes Summary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 7.090. HP LASERJET PRINTER CONTROL CODES SUMMARY

| Function Type | Function | Code Sequence In ASCII Chars | Code Sequence In Hex Bytes |
|---|---|---|---|
| Orientation | Portrait mode | <ESC>&l0O | 1B 26 6C 30 4F |
| | Landscape mode | <ESC>&l1O | 1B 26 6C 31 4F |
| Font Symbol Set | Roman-8 | <ESC>(8U | 1B 28 38 55 |
| | USASCII | <ESC>(0U | 1B 28 30 55 |
| | Danish/Norwegian | <ESC>(0D | 1B 28 30 44 |
| | British (U.K.) | <ESC>(1E | 1B 28 31 45 |
| | French | <ESC>(1F | 1B 28 31 46 |
| | German | <ESC>(7G | 1B 28 31 47 |
| | Italian | <ESC>(0I | 1B 28 30 49 |
| | Swedish/Finnish | <ESC>(0S | 1B 28 30 53 |
| | Spanish | <ESC>(2S | 1B 28 32 53 |
| | Legal | <ESC>(1U | 1B 28 31 55 |
| | Linedraw | <ESC>(0B | 1B 28 30 42 |
| | Math8 | <ESC>(8M | 1B 28 38 4D |
| | Math7 | <ESC>(0A | 1B 28 30 41 |
| | PiFont | <ESC>(15U | 1B 28 31 35 55 |
| Character Spacing | Proportional | <ESC>(s1P | 1B 28 73 31 50 |
| | Fixed | <ESC>(s0P | 1B 28 73 30 50 |
| Character Pitch | 10 chars per inch | <ESC>(s10H | 1B 28 73 31 30 48 |
| | 12 chars per inch | <ESC>(s12H | 1B 28 73 31 32 48 |
| | 16.6 chars per inch | <ESC>(s16.6H | 1B 28 73 31 36 2E 36 48 |
| | Standard pitch (10 cpi) | <ESC>&k0S | 1B 26 6B 30 53 |
| | Compressed pitch (16.6 cpi) | <ESC>&k2S | 1B 26 6B 32 53 |
| | Elite (12.0) | <ESC>&k4s | 1B 26 6B 34 53 |
| Character Point Size | 7 point | <ESC>(s7V | 1B 28 73 37 56 |
| | 8 point | <ESC>(s8V | 1B 28 73 38 56 |
| | 8.5 point | <ESC>(s8.5V | 1B 28 73 38 2E 35 56 |
| | 10 point | <ESC>(s10V | 1B 28 73 31 30 56 |
| | 12 point | <ESC>(s12V | 1B 28 73 31 32 56 |
| | 14.4 point | <ESC>(s14.4V | 1B 28 73 31 34 2E 34 56 |
| Character Style | Upright | <ESC>(s0S | 1B 28 73 30 53 |
| | Italic | <ESC>(s1S | 1B 28 73 31 53 |
| Character Weight | Light stroke | <ESC>(s-3B | 1B 28 73 -33 42 |
| | Medium stroke | <ESC>(s0B | 1B 28 73 30 42 |
| | Bold (heavy) stroke | <ESC>(s3B | 1B 28 73 33 42 |
| Character Typeface | Courier | <ESC>(s3T | 1B 28 73 33 54 |
| | Line Printer | <ESC>(s0T | 1B 28 73 30 54 |
| | Helv | <ESC>(s4T | 1B 28 73 34 54 |
| | TMS RMN | <ESC>(s5T | 1B 28 73 35 54 |
| | Prestige Elite | <ESC>(s8T | 1B 28 73 38 54 |
| | Gothic | <ESC>(s6T | 1B 28 73 36 54 |
| Page Settings | Page length | <ESC>&l#P | 1B 26 6C # 50 |
| | Top margin | <ESC>&l#E | 1B 26 6C # 45 |
| | Text length | <ESC>&l#F | 1B 26 6C # 46 |
| | Clear left/right margin | <ESC>9 | 1B 39 |
| | Set left margin | <ESC>&a#L | 1B 26 61 # 4C |
| | Set right margin | <ESC>&a#M | 1B 26 61 # 4D |
| | Perforation skip enable | <ESC>&l1L | 1B 26 6C 31 4C |
| | Perforation skip disable | <ESC>&l0L | 1B 26 6C 30 4C |
| Line Spacing | Vertical motion index | <ESC>&l#C | 1B 26 6C # 43 |
| | 1 line/inch | <ESC>&l1D | 1B 26 6C 31 44 |
| | 2 lines/inch | <ESC>&l2D | 1B 26 6C 32 44 |
| | 3 lines/inch | <ESC>&l3D | 1B 26 6C 33 44 |
| | 4 lines/inch | <ESC>&l4D | 1B 26 6C 34 44 |
| | 6 lines/inch | <ESC>&l6D | 1B 26 6C 36 44 |
| | 8 lines/inch | <ESC>&l8D | 1B 26 6C 38 44 |
| | 12 lines/inch | <ESC>&l12D | 1B 26 6C 31 32 44 |
| | 16 lines/inch | <ESC>&l16D | 1B 26 6C 31 36 44 |
| | 24 lines/inch | <ESC>&l24D | 1B 26 6C 32 34 44 |
| | Half line feed | <ESC>= | 1B 3D |
| Raster Graphics | 75 dpi resolution | <ESC>*t75R | 1B 2A 74 37 35 52 |
| | 100 dpi resolution | <ESC>*t100R | 1B 2A 74 31 30 30 52 |
| | 150 dpi resolution | <ESC>*t150R | 1B 2A 74 31 35 30 52 |
| | 300 dpi resolution | <ESC>*t300R | 1B 2A 74 33 30 30 52 |
| | Start at leftmost pos. | <ESC>*r0A | 1B 2A 72 30 41 |
| | Start at current cursor | <ESC>*r1A | 1B 2A 72 31 41 |
| Raster Graphics | Transfer graphic rows | <ESC>*b#W [data] | 1B 2A 62 # 57 |
| | End graphics | <ESC>*rB | 1B 2A 72 42 |
| Printer Control | Reset printer | <ESC>E | 1B 45 |
| | Self test mode | <ESC>z | 1B 7A |
| Cursor Positioning | Move to row | <ESC>&a#R | 1B 26 61 # 52 |
| | Move to column | <ESC>&a#C | 1B 26 61 # 43 |
| | Horizontal movement | <ESC>&a#H | 1B 26 61 # 48 |
| | Vertical movement | <ESC>&a#V | 1B 26 61 # 56 |

(Continued)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*7.090. HP LASERJET PRINTER CONTROL CODES SUMMARY (continued)*

| Function Type | Function | Code Sequence In ASCII Chars | Code Sequence In Hex Bytes |
|---|---|---|---|
| Underlining | Underline ON | <ESC>&d#D | 1B 26 64 # 44 |
| | Underline OFF | <ESC>&d@ | 1B 26 64 40 |
| Miscellaneous Control | Display functions ON | <ESC>Y | 1B 59 |
| | Display functions OFF | <ESC>Z | 1B 5A |
| | Transparent print data | <ESC>&p#X [data] | 1B 26 70 # 58 |
| | Horizontal motion index | <ESC>&k#H | 1B 26 6B # 48 |
| | Carriage return=CR | <ESC>&k0G | 1B 26 6B 30 47 |
| | Carriage return=CR+LF | <ESC>&k1G | 1B 26 6B 31 47 |
| | LF=CR+LF, FF=CR+FF, CR=CR | <ESC>&k2G | 1B 26 6B 32 47 |
| | Add CR to LF and FF, CR=CR+LF | <ESC>&k3G | 1B 26 6B 33 47 |
| | Enable end of line wrap | <ESC>&s0C | 1B 26 73 30 43 |
| | Disable end of line wrap | <ESC>&s1C | 1B 26 73 31 43 |
| | Number of copies | <ESC>&l#X | 1B 26 6C # 58 |
| | Eject page | <ESC>&l0H | 1B 26 6C 30 48 |
| | Feed from tray | <ESC>&l1H | 1B 26 6C 31 48 |
| | Manual feed | <ESC>&l2H | 1B 26 6C 32 48 |
| | Envelope feed | <ESC>&l3H | 1B 26 6C 33 48 |
| Laserjet +/500+ Extensions | Graphics horz cursor position | <ESC>*p#X | 1B 2A 70 # 58 |
| | Graphics vert cursor position | <ESC>*p#Y | 1B 2A 70 # 59 |
| | Font ID number | <ESC>*c#D | 1B 2A 63 # 44 |
| | ASCII char code number | <ESC>*c#E | 1B 2A 63 # 45 |
| | Create font | <ESC>)s#W [data] | 1B 29 73 # 57 |
| | Download character | <ESC>(s#W [data] | 1B 28 73 # 57 |
| | Primary font ID number | <ESC>(#X | 1B 28 # 58 |
| | Secondary font ID number | <ESC>)#X | 1B 29 # 58 |
| | Delete all fonts | <ESC>*c0F | 1B 2A 63 30 46 |
| | Delete all temp fonts | <ESC>*c1F | 1B 2A 63 31 46 |
| | Delete last font ID specified | <ESC>*c2F | 1B 2A 63 32 46 |
| | Delete last font ID & char code | <ESC>*c3F | 1B 2A 63 33 46 |
| | Make temporary font | <ESC>*c4F | 1B 2A 63 34 46 |
| | Make permanent font | <ESC>*c5F | 1B 2A 63 35 46 |
| | Copy/assign font | <ESC>*c6F | 1B 2A 63 36 46 |
| | Primary font default | <ESC>(3@ | 1B 28 30 40 |
| | Secondary font default | <ESC>)3@ | 1B 29 30 40 |
| | Macro ID | <ESC>&f#Y | 1B 26 66 # 59 |
| | Start macro | <ESC>&f0X | 1B 26 66 30 58 |
| | Stop macro | <ESC>&f1X | 1B 26 66 31 58 |
| | Execute macro | <ESC>&f2X | 1B 26 66 32 58 |
| | Call macro | <ESC>&f3X | 1B 26 66 33 58 |
| | Enable overlay | <ESC>&f4X | 1B 26 66 34 58 |
| | Disable overlay | <ESC>&f5X | 1B 26 66 35 58 |
| | Delete macros | <ESC>&f6X | 1B 26 66 36 58 |
| | Delete all temporary macros | <ESC>&f7X | 1B 26 66 37 58 |
| | Delete macro ID | <ESC>&f8X | 1B 26 66 38 58 |
| | Make macro temporary | <ESC>&f9X | 1B 26 66 39 58 |
| | Make macro permanent | <ESC>&f10X | 1B 26 66 31 30 58 |
| | Push position | <ESC>&f0S | 1B 26 66 30 53 |
| | Pop position | <ESC>&f1S | 1B 26 66 31 53 |
| | Horz # dots in pattern | <ESC>*c#A | 1B 2A 63 # 41 |
| | Horz # decipoints in pattern | <ESC>*c#H | 1B 2A 63 # 48 |
| | Vert # dots in pattern | <ESC>*c#B | 1B 2A 63 # 42 |
| | Vert # decipoints in pattern | <ESC>*c#V | 1B 2A 63 # 56 |
| | Print solid black | <ESC>*c0P | 1B 2A 63 30 50 |
| | Print shaded fill | <ESC>*c2P | 1B 2A 63 32 50 |
| | Print cross-hatched fill | <ESC>*c3P | 1B 2A 63 33 50 |
| Laserjet+/500+ Extensions | Print 2% gray scale | <ESC>*c2G | 1B 2A 63 32 47 |
| | Print 10% gray scale | <ESC>*c10G | 1B 2A 63 31 30 47 |
| | Print 15% gray scale | <ESC>*c15G | 1B 2A 63 31 35 47 |
| | Print 30% gray scale | <ESC>*c30G | 1B 2A 63 33 30 47 |
| | Print 45% gray scale | <ESC>*c45G | 1B 2A 63 34 35 47 |
| | Print 70% gray scale | <ESC>*c70G | 1B 2A 63 37 30 47 |
| | Print 90% gray scale | <ESC>*c90G | 1B 2A 63 39 30 47 |
| | Print 100% gray scale | <ESC>*c100G | 1B 2A 63 31 30 30 47 |
| | HP Pattern 1 horz lines | <ESC>*c1G | 1B 2A 63 31 47 |
| | HP Pattern 2 vert lines | <ESC>*c2G | 1B 2A 63 32 47 |
| | HP pattern 3 diagonal lines | <ESC>*c3G | 1B 2A 63 33 47 |
| | HP pattern 4 diagonal lines | <ESC>*c4G | 1B 2A 63 34 47 |
| | HP pattern 5 grid | <ESC>*c5G | 1B 2A 63 35 47 |
| | HP pattern 6 diagonal grid | <ESC>*c6G | 1B 2A 63 36 47 |

*(Continued)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*7.090. HP LASERJET PRINTER CONTROL CODES SUMMARY (continued)*

| Function Type | Function | Code Sequence in ASCII Chars | Code Sequence in Hex Bytes |
|---|---|---|---|
| Laserjet 500+ Extensions | Default stacking position | <ESC>&l0T | 1B 26 6C 30 54 |
| | Toggle stacking position | <ESC>&l1T | 1B 26 6C 31 54 |
| | Eject page | <ESC>&l0H | 1B 26 6C 30 48 |
| | Paper tray auto feed | <ESC>&l1H | 1B 26 6C 31 48 |
| | Manual feed | <ESC>&l2H | 1B 26 6C 32 48 |
| | Envelope feed | <ESC>&l3H | 1B 26 6C 33 48 |
| | Feed from lower cassette | <ESC>&l4H | 1B 26 6C 34 48 |

**Note:**
- # should be replaced by the relevant numeric value in this chart.
- [data] indicates a bitstream of appropriately formatted data.

**Source:**
HP LaserJet Printer Family Technical Reference, pages A1 through A6
HP LaserJet III Technical Reference, pages B-2 through B-9

**See Also:**
7.087. IBM Printer Control Codes Summary
7.088. Qume Sprint II/Diablo 630 Printer Control Codes Summary
7.089. Epson Printer Control Codes Summary

## 7.091. HAYES MODEM COMMAND SET

| Command | Function | Allowable Values/Comments |
|---|---|---|
| AT | Attention | Starts all commands |
| ATI# | Request product code and ROM checksum | #=0 -- modem sends its 3-digit product code<br>#=1 -- request numeric checksum of firmware ROM<br>#=2 -- request OK or ERROR state of ROM checksum |
| A/ | Repeat last command | Not AT or Return commands |
| A | Answer without waiting for ring | |
| B# | Bell 1200 bps protocol mode | #=0 -- CCITT v.22/v.22bis<br>#=1 -- Bell 212A |
| C# | Carrier state | #=0 -- off<br>#=1 -- on |
| D# | Dial telephone number | #=telephone number (may include / or - chars) |
| E# | Echo modem commands | #=0 -- no<br>#=1 -- yes |
| F# | Set duplex | #=0 -- set half duplex<br>#=1 -- set full duplex |
| H# | Set hook status | #=0 -- on hook (hang up)<br>#=1 -- off hook |
| L# | Set speaker volume | #=0 or 1 -- low<br>#=2 -- medium<br>#=3 -- high |
| M# | Set speaker mode | #=0 -- off<br>#=1 -- on<br>#=2 -- always on<br>#=3 -- disable speaker when carrier received |
| O# | Set on-line state | #=0 -- modem returns to on-line state<br>#=1 -- modem returns on-line and retrains equalizer* |
| P | Set pulse dialing mode | |
| Q# | Set quiet command state | #=0 -- commands are sent<br>#=1 -- commands are not sent |
| R | Reserve mode | Use answer frequencies when originating call |
| S | Dial stored number | |
| S#=value | Set S-register | #=S-register number; value=value to set register to |
| S#? | Display S-register value | #=S-register number |
| T | Set tone dialing mode | |
| V# | Set verbose mode | #=0 -- use digits<br>#=1 -- use words |
| W | Wait for second dial or access tone | |
| X# | Enable extended result code & mode setting | #=0 -- basic (300 bps)<br>#=1 -- extended (no dialtone or busy signal detect)<br>#=2 -- extended (detects dialtone but not busy signals)<br>#=3 -- extended (no dialtone detect but detects busy signal)<br>#=4 -- extended (detects both dialtones and busy signals) |
| Y# | Long space disconnect | #=0 -- disabled<br>#=1 -- enabled (disconnects after receiving 1.6 sec break) |
| Z | Fetch configuration profile from nonvolatile memory | |
| @ | Wait for quiet answer | |
| , | Pause | Delay in dialing sequence |
| ! | Flash | On-hook for 1/2 second |
| ; | Return to command mode after dialing | |

*(Continued)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง.

# Register bit setting of Serial port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Bit Meaning of Serial Port

Bit Meaning for the Interrupt Enable Register,

Port 3F9h (or 2F9h, 3E9h, or 2E9h)

| Bit 76543210 | Meaning |
|---|---|
| 0000 | Not used, set to 0 |
| 1 | Enable interrupt on modem status change |
| 1 | Enable interrupt on recieve line status |
| 1 | Enable interrupt on transmit hold register |
| 1 | Enable interrupt on data available |

Bit Meaning for the Interrupt Idenfication Register,

Port 3FAh (or 2FAh, 3EAh, or 2EAh)

| Bit 76543210 | Meaning |
|---|---|
| 00000 | Not used, set to 0 |
| 11 | Receiver line status interrupt |
| 10 | Recieved data available |
| 01 | Transmitter holding register empty |
| 00 | Modem status change |
| 1 | Interrupt not pending |
| 0 | Interrupt pending |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bit Meanings for the line control register,

Port 3Fbh (or 2FBh, 3EBh, or 2EBh)

| Bit 76543210 | Meaning |
|---|---|
| 0 | Normal access to ports 3F8h/3F9h |
| 1 | Use port 3F8h/3F9h to specify baud rate |
| 1 | Transmit break condition |
| 0 | Parity hold at value in bit 4 |
| 1 | Parity operates normally |
| 0 | Odd parity |
| 1 | Even parity |
| 0 | Parity disabled |
| 1 | Parity enabled |
| 0 | 1 Stop bit |
| 1 | 2 Stop bit (1.5 if bits 0-1 are clear) |
| 00 | 5 Bits data length |
| 01 | 6 Bits data length |
| 10 | 7 Bits data length |
| 11 | 8 Bits data length |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bits Meaning for the line status register,

Port 3FDh (or 2FDh, 3EDh, or 2EDh)

| Bit 76543210 | Meaning |
|---|---|
| 0 | Not used set to 0 |
| 0 | Transmitter shift register full |
| 1 | Transmitter shift register empty |
| 0 | Transmitter holding register full |
| 1 | Trandmitter holding register empty |
| 1 | Break condition detected |
| 1 | Framing error detected |
| 1 | Parity error detected |
| 1 | Overrun error detected |
| 0 | No charecter ready |
| 1 | Recieved charecter ready |

Baud Rate divisor Setting for standard 1.8432 MHz speed

| MSB 3F9h | LSB 3F8h | Resulting Baud rate |
|---|---|---|
| 4 | 17h | 110 bps |
| 1 | 80h | 300 bps |
| 0 | 60h | 1200 bps |
| 0 | 30h | 2400 bps |
| 0 | 18h | 4800 bps |
| 0 | 0Ch | 9600 bps |
| 0 | 07h | 19200 bps |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ.

# ข้อมูล ไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIM

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers



## General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, and in particular, for those applications where ±12V is not available.

These parts are particulary useful in battery-powered systems since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX233, MAX235 and MAX245-MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

All members of the family except the MAX231 and MAX239 need only a single +5V supply for operation. The RS-232 drivers/receivers have on-board charge-pump voltage converters which convert the +5V input power to the ±10V needed to generate the RS-232 output levels. The MAX231 and MAX239, designed to operate from +5V and +12V, contain a +12V to -12V charge-pump voltage converter.

Since nearly all RS-232 applications need both line drivers and receivers, the family includes both receivers and drivers in one package. The wide variety of RS-232 applications require differing numbers of drivers and receivers. Maxim offers a wide selection of RS-232 driver/receiver combinations in order to minimize the package count (see *Selection Guide*).

## Applications

- Portable Computers
- Low-Power Modems
- Interface Translation
- Battery-Powered RS-232 Systems
- Multi-Drop RS-232 Networks

## Features

### Superior to Bipolar

- ♦ Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V – MAX231 and MAX239)
- ♦ Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- ♦ Meet All EIA-232E and V.28 Specifications
- ♦ Multiple Drivers and Receivers
- ♦ 3-State Driver and Receiver Outputs
- ♦ Open-Line Detection (MAX243)

## Ordering Information

| PART | TEMP. RANGE | PIN-PACKAGE |
|---|---|---|
| MAX220CPE | 0°C to +70°C | 16 Plastic DIP |
| MAX220CSE | 0°C to +70°C | 16 Narrow SO |
| MAX220CWE | 0°C to +70°C | 16 Wide SO |
| MAX220C/D | 0°C to +70°C | Dice* |
| MAX220EPE | -40°C to +85°C | 16 Plastic DIP |
| MAX220ESE | -40°C to +85°C | 16 Narrow SO |
| MAX220EWE | -40°C to +85°C | 16 Wide SO |
| MAX220MJE | -55°C to +125°C | 16 CERDIP |
| MAX222CPN | 0°C to +70°C | 18 Plastic DIP |
| MAX222CWN | 0°C to +70°C | 18 Wide SO |
| MAX222C/D | 0°C to +70°C | Dice* |
| MAX222EPN | -40°C to +85°C | 18 Plastic DIP |
| MAX222EWN | -40°C to +85°C | 18 Wide SO |
| MAX222EJN | -40°C to +85°C | 18 CERDIP |
| MAX222MJN | -55°C to +125°C | 18 CERDIP |

Ordering Information continued on last page.

* *Contact factory for dice specifications.*



Call toll free 1-800-998-8800 for free samples or literature.

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

## MAX220-MAX249

## Interface Products

| Part Number | Power Supply (V) | # of RS-232 Drivers | # of RS-232 Receivers | # of Ext. Caps | Nominal Cap. Value (µF) | Shutdown & 3-State | Supply Current (mA max) | Guaranteed Data Rate (kbits/sec min) | Features |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MAX220 | +5 | 2 | 2 | 4 | 4.7/10 | No | 2 | 20 | Ultra low-power, industry-standard pinout |
| MAX222 | +5 | 2 | 2 | 4 | 0.1 | Yes | 10 | 116 | MAX220A with shutdown |
| MAX223 (MAX220) | +5 | 4 | 5 | 4 | 1.0 | Yes | 15 | 20 | +5V IBM PC serial port w/ receivers active in shutdown |
| MAX231 (MAX232) | +5 | 2 | 2 | 4 | 1.0 | Yes | 15 (20) | 20 | 5 drivers with shutdown |
| MAX232 | +5 and +7.5 to +13.2 | 2 | 2 | 4 | 1.0 | No | 1/5 | 20 | Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232 |
| MAX232A | +5 | 2 | 2 | 4 | 1.0 | No | 10 (15) | 200 | Industry standard |
| MAX233 (MAX220) | +5 | 2 | 2 | 0 | 0.1 | No | 10 | 116 | Higher slew rate, small caps |
| MAX233A | +5 | 2 | 2 | 0 | - | No | 10 (15) | 20 | No external caps |
| MAX234 (MAX204) | +5 | 4 | 0 | 4 | 1.0 (0.1) | No | 10 | 116 | No external caps, high slew rate |
| MAX235 (MAX207) | +5 | 5 | 0 | 4 | - | No | 15 (20) | 20 | Replaces 1488 |
| MAX236 (MAX206) | +5 | 4 | 3 | 4 | 1.0 (0.1) | Yes | 15 (20) | 200 | No external caps |
| MAX237 (MAX207) | +5 | 5 | 3 | 4 | 1.0 (0.1) | Yes | 15 (20) | 200 | Shutdown, three-state |
| MAX238 (MAX208) | +5 | 4 | 4 | 4 | 1.0 (0.1) | No | 15 (20) | 200 | Complements IBM PC serial port |
| MAX239 (MAX205) | +5 and +7.5 to +13.2 | 3 | 5 | 2 | 1.0 (0.1) | No | 15 (20) | 200 | Replaces 1488 and 1489 |
| MAX240 | +5 | 5 | 5 | 8 | 1.0 (0.1) | No | 1/15 (20) | 200 | Standard +5/+12V or battery supplies; single package solution for IBM PC serial port |
| MAX241 (MAX211) | +5 | 5 | 5 | 8 | 1.0 | Yes | 15 | 200 | DIP or flatpack package |
| MAX242 | +5 | 2 | 2 | 4 | 1.0 (0.1) | Yes | 15 (20) | 200 | Complete IBM PC serial port |
| MAX243 | +5 | 2 | 2 | 4 | 0.1 | Yes | 10 | 116 | Separate shutdown and enable |
| MAX244 | +5 | 4 | 4 | 4 | 0.1 | No | 10 | 116 | Open-line detection simplifies cabling |
| MAX245 | +5 | 8 | 10 | 8 | 1.0 | No | 25 | 64 | High slew rate |
| MAX246 | +5 | 8 | 10 | 8 | - | Yes | 25 | 64 | High slew rate, int. caps, two shutdown modes |
| MAX247 | +5 | 8 | 9 | 8 | - | Yes | 25 | 64 | High slew rate, int. caps, three shutdown modes |
| MAX248 | +5 | 8 | 8 | 4 | 1.0 | Yes | 25 | 64* | High slew rate, int. caps, nine operating modes |
| MAX249 | +5 | 6 | 10 | 4 | 1.0 | Yes | 23 | 64 | High slew rate, selective half-chip enables |
| MAX3241 | +3 | 5 | 3 | 4 | 1.0 | Yes | 23 | 64 | MAX246 with 2 complete IBM PC serial ports |
| MAX3243 | +3 | 3 | 5 | 4 | 1.0 | Yes | 8 | 20 | +3V MAX241 + receivers active in shutdown |
| RS-232 INTERFACE PRODUCTS | | | | | | | | | +3V Complete IBM PC serial port |
| MAX230 | +5 | 2 | 2 | 4 | - | Yes | - | 20 | Isolated RS-232 chipset |
| MAX231 | +5 | 2 | 2 | 0 | - | Yes | - | 20 | Isolated RS-232 chipset |
| MAX231A | +5 | 2 | 2 | 0 | - | Yes | 90 | 9.6 | UL recognized, 1500V isolation |
| MAX232B | +5 | 2 | 2 | 0 | - | Yes | 90 | 9.6 | Economical 500V isolation |

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS – MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage ($V_{CC}$) ..... -0.3V to +6V

Input Voltages
- $T_{IN}$ ..... -0.3V to ($V_{CC}$ - 0.3V)
- $R_{IN}$ ..... ±30V
- $T_{OUT}$ (Note 1) ..... ±15V

Output Voltages
- $T_{OUT}$ ..... ±15V
- $R_{OUT}$ ..... -0.3V to ($V_{CC}$ + 0.3V)

Driver/Receiver Output Short Circuited to GND ... Continuous

Continuous Power Dissipation ($T_A$ = +70°C)
- 16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) . 842mW
- 18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) . 889mW
- 20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) . . 440mW
- 16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) . . 696mW
- 16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) . . . 762mW
- 18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) . . . 762mW
- 20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) . . . . . ?
- 16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) . . . . 800mW
- 18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) . . . . 842mW

Operating Temperature Ranges:
- MAX2__AC__, MAX2__C__ ..... 0°C to +70°C
- MAX2__AE__, MAX2__E__ ..... -40°C to +85°C
- MAX2__AM__, MAX2__M__ ..... -55°C to +125°C

Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C

Lead Temperature (soldering, 10 sec) ..... +300°C

**Note 1:** Input voltage measured with $T_{OUT}$ in high-impedance state, $\overline{SHDN}$ or $V_{CC}$ = 0V.

*Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.*

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS – MAX220/222/232A/233A/242/243

($V_{CC}$ = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, $T_A$ = $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$, unless otherwise noted.)

| PARAMETER | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|
| **RS-232 TRANSMITTERS** | | | | | |
| Output Voltage Swing | All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND | ±5 | ±8 | | V |
| Input Logic Threshold Low | | | 1.4 | 0.8 | V |
| Input Logic Threshold High | | 2 | 1.4 | | V |
| Logic Pull-Up/Input Current | $\overline{SHDN}$ = $V_{CC}$ | | 5 | 40 | µA |
| | $\overline{SHDN}$ = 0V | | ±0.01 | ±1 | |
| Output Leakage Current | $V_{CC}$ = 5.5V, $\overline{SHDN}$ = 0V, $V_{OUT}$ = ±15V | | ±0.01 | ±10 | µA |
| | $V_{CC}$ = $\overline{SHDN}$ = 0V, $V_{OUT}$ = ±15V | | ±0.01 | ±10 | |
| Data Rate | Except MAX220, normal operation | | 200 | 116 | kbits/sec |
| | MAX220 | | 22 | 20 | |
| Transmitter Output Resistance | $V_{CC}$ = V+ = V- = 0V, $V_{OUT}$ = ±2V | 300 | 10M | | Ω |
| Output Short-Circuit Current | $V_{OUT}$ = 0V | ±7 | ±22 | | mA |
| **RS-232 RECEIVERS** | | | | | |
| RS-232 Input Voltage Operating Range | | | | ±30 | V |
| RS-232 Input Threshold Low | $V_{CC}$ = 5V, Except MAX243 $R2_{IN}$ | 0.8 | 1.3 | | V |
| | $V_{CC}$ = 5V, MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2) | -3 | | | |
| RS-232 Input Threshold High | $V_{CC}$ = 5V, Except MAX243 $R2_{IN}$ | | 1.8 | 2.4 | V |
| | $V_{CC}$ = 5V, MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2) | | -0.5 | -0.1 | |
| RS-232 Input Hysteresis | Except MAX243, $V_{CC}$ = 5V, no hyst. in shdn | 0.2 | 0.5 | 1 | V |
| | MAX243 | | 1 | | |
| RS-232 Input Resistance | | 3 | 5 | 7 | kΩ |
| TTL/CMOS Output Voltage Low | $I_{OUT}$ = 3.2mA | | 0.2 | 0.4 | V |
| TTL/CMOS Output Voltage High | $I_{OUT}$ = -1.0mA | 3.5 | $V_{CC}$ -0.2 | | V |
| TTL/CMOS Output Short-Circuit Current | Sourcing $V_{OUT}$ = GND | -2 | -10 | | mA |
| | Sinking $V_{OUT}$ = $V_{CC}$ | 10 | 30 | | |
| TTL/CMOS Output Leakage Current | $\overline{SHDN}$ = $V_{CC}$ or EN = $V_{CC}$, 0V ≤ $V_{OUT}$ ≤ $V_{CC}$ | | ±0.05 | ±10 | µA |

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS – MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(VCC = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

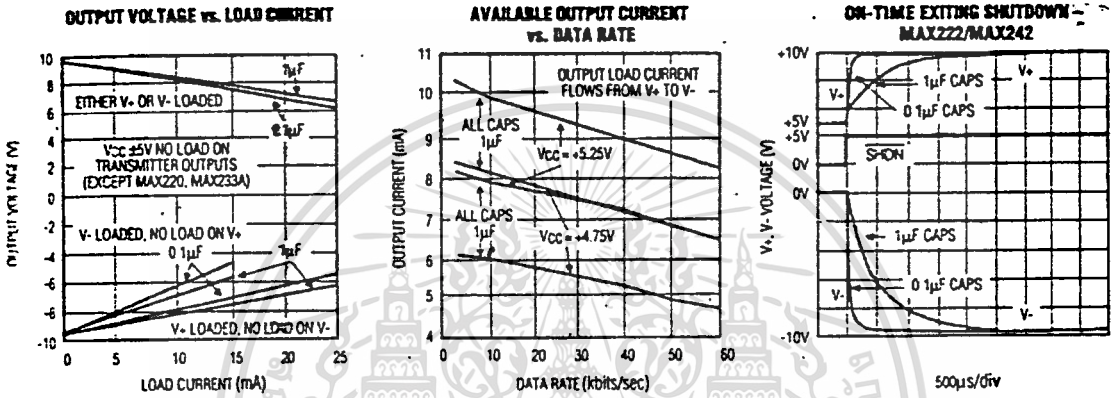
| PARAMETER | CONDITIONS | | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| EN Input Threshold Low | | | | 1.4 | 0.8 | V |
| EN Input Threshold High | | | 2.0 | 1.4 | | V |
| **POWER SUPPLY** | | | | | | |
| Operating Supply Voltage | | | 4.5 | | 5.5 | V |
| VCC Supply Current (SHDN = VCC), Figures 5, 6, 9, 18 | No load | MAX220 | | 0.5 | 2 | mA |
| | | MAX222/232A/233A/242/243 | | 4 | 10 | |
| | 3kΩ load both outputs | MAX220 | | 12 | | |
| | | MAX222/232A/233A/242/243 | | 15 | | |
| Shutdown Supply Current | MAX222/242 | TA = +25°C | | 0.1 | 10 | µA |
| | | TA = 0°C to +70°C | | 2 | 50 | |
| | | TA = -40°C to +85°C | | 2 | 50 | |
| | | TA = -55°C to +125°C | | 35 | 100 | |
| SHDN Input Leakage Current | | | | | ±1 | µA |
| SHDN Threshold Low | | | | 1.4 | 0.8 | V |
| SHDN Threshold High | | | 2.0 | 1.4 | | V |
| **AC CHARACTERISTICS** | | | | | | |
| Transition Slew Rate | CL = 50pF to 2500pF, RL = 3kΩ to 7kΩ, VCC = 5V, TA = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V | MAX222/232A/233A/242/243 | 6 | 12 | 30 | V/µs |
| | | MAX220 | 1.5 | 3 | 30 | |
| Transmitter Propagation Delay TTL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1 | tPHLT | MAX222/232A/233A/242/243 | | 1.3 | 3.5 | µs |
| | | MAX220 | | 4 | 10 | |
| | tPLHT | MAX222/232A/233A/242/243 | | 1.5 | 3.5 | |
| | | MAX220 | | 5 | 10 | |
| Receiver Propagation Delay RS-232 to TTL (Normal Operation), Figure 2 | tPHLR | MAX222/232A/233A/242/243 | | 0.5 | 1 | µs |
| | | MAX220 | | 0.6 | 3 | |
| | tPLHR | MAX222/232A/233A/242/243 | | 0.6 | 1 | |
| | | MAX220 | | 0.8 | 3 | |
| Receiver Propagation Delay RS-232 to TTL (Shutdown), Figure 2 | tPHLS | MAX242 | | 0.5 | 10 | µs |
| | tPLHS | MAX242 | | 2.5 | 10 | |
| Receiver-Output Enable Time, Figure 3 | tER | MAX222/242 | | 125 | 500 | ns |
| Receiver-Output Disable Time, Figure 3 | tDR | MAX222/242 | | 160 | 500 | ns |
| Transmitter-Output Enable Time (SHDN goes high), Figure 4 | tET | MAX222/242, 0.1µF caps (Includes charge-pump start-up) | | 250 | | µs |
| Transmitter-Output Disable Time (SHDN goes low), Figure 4 | tDT | MAX222/242, 0.1µF caps | | 600 | | ns |
| Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation) | tPHLT-tPLHT | MAX222/232A/233A/242/243 | | 300 | | ns |
| | | MAX220 | | 2000 | | |
| Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation) | tPHLR-tPLHR | MAX222/232A/233A/242/243 | | 100 | | ns |
| | | MAX220 | | 225 | | |

**Note 2:** MAX243 R2OUT is guaranteed to be low when the R2IN is ≥ 0V or is floating.

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

## Typical Operating Characteristics

MAX220/222/232A/233A/242/243



# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS – MAX223, MAX230-MAX241

VCC ..... -0.3V to +6V
V+ ..... (VCC - 0.3V) to +14V
V- ..... +0.3V to -14V
Input Voltages
TIN ..... -0.3V to (VCC + 0.3V)
RIN ..... ±30V
Output Voltages
TOUT ..... (V+ + 0.3V) to (V- - 0.3V)
ROUT ..... -0.3V to (VCC + 0.3V)
Short-Circuit Duration, TOUT ..... Continuous
Continuous Power Dissipation ($T_A$ = +70°C)
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) . 800mW
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) . 842mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) . 889mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/°C above +70°C) ..... 1067mW
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C) .. 500mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) .. 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) .. 800mW
24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C) ... 941mW
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) . 1000mW
44-Pin Plastic FP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 611mW
14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C) .. 727mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) . 800mW
20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) . 889mW
24-Pin Narrow CERDIP (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1000mW
24-Pin Sidebraze (derate 20.0mW/°C above +70°C) 1600mW
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C) .... 762mW
Operating Temperature Ranges:
MAX2__C__ ..... 0°C to +70°C
MAX2__E__ ..... -40°C to +85°C
MAX2__M__ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10 sec) ..... +300°C

*Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.*

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS – MAX223, MAX230-MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241 $V_{CC}$ = +5V ±10%, MAX233/MAX235 $V_{CC}$ = 5V ±5%, C1-C4 = 1.0µF, MAX231/MAX239 $V_{CC}$ = 5V ±10%, V+ = 7.5V to 13.2V, $T_A$ = $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$, unless otherwise noted.)

| PARAMETER | CONDITIONS | | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Output Voltage Swing | All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground | | ±5.0 | ±7.3 | | V |
| VCC Power-Supply Current | No load, $T_A$ = +25°C | MAX232, 233 | | 5 | 10 | mA |
| | | MAX223, 230, 234-238, 240, 241 | | 7 | 15 | |
| | | MAX231, 239 | | .4 | 1 | |
| V+ Power Supply Current | | MAX231 | | 1.8 | 5 | mA |
| | | MAX239 | | 5 | 15 | |
| Shutdown Supply Current | $T_A$ = +25°C | MAX223 | | 15 | 50 | µA |
| | | MAX241 | | 1 | 10 | |
| Input Logic Threshold Low | $T_{IN}$; EN, $\overline{SHDN}$ (MAX223), EN, $\overline{SHDN}$ (MAX230, MAX235-MAX241) | | | | 0.8 | V |
| Input Logic Threshold High | $T_{IN}$ | | 2.0 | | | V |
| | EN, $\overline{SHDN}$ (MAX223), EN, $\overline{SHDN}$ (MAX230, MAX235-MAX241) | | 2.4 | | | |
| Logic Pull-Up Current | $T_{IN}$ = 0V | | | 15 | 200 | µA |
| Receiver Input Voltage Operating Range | | | -30 | | +30 | V |

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS – MAX223, MAX230-MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241 $V_{CC}$ = +5V ±10%, MAX233/MAX235 $V_{CC}$ = 5V ±5%, C1-C4 = 1.0µF, MAX231/MAX239 $V_{CC}$ = 5V ±10%, $V+$ = 7.5V to 13.2V, $T_A$ = $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$, unless otherwise noted.)

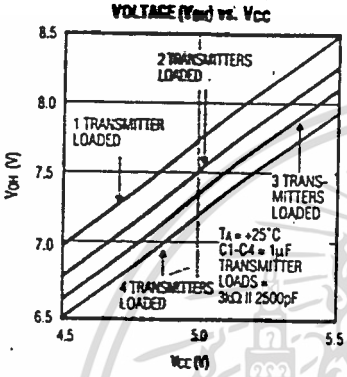
| PARAMETER | CONDITIONS | | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| RS-232 Input Threshold Low | $T_A$ = +25°C, $V_{CC}$ = 5V | Normal Operation SHDN = 5V (MAX213), SHDN = 0V (MAX235-MAX241) | 0.8 | 1.2 | | V |
| | | Shutdown (MAX223) SHDN = 0V, EN = 5V (R4, R5) | 0.6 | 1.5 | | |
| RS-232 Input Threshold High | $T_A$ = +25°C, $V_{CC}$ = 5V | Normal Operation SHDN = 5V (MAX223), SHDN = 0V (MAX235-MAX241) | | 1.7 | 2.4 | V |
| | | Shutdown (MAX223) SHDN = 0V, EN = 5V (R4, R5) | | 1.5 | 2.4 | |
| RS-232 Input Hysteresis | $V_{CC}$ = 5V; no hysteresis in shutdown | | 0.2 | 0.5 | 1.0 | V |
| RS-232 Input Resistance | $T_A$ = +25°C, $V_{CC}$ = 5V | | 3 | 5 | 7 | kΩ |
| TTL/CMOS Output Voltage Low | $I_{OUT}$ = 1.6mA (MAX231-233 $I_{OUT}$ = 3.2mA) | | | | 0.4 | V |
| TTL/CMOS Output Voltage High | $I_{OUT}$ = -1.0mA | | 3.5 | $V_{CC}$ - 0.4 | | V |
| TTL/CMOS Output Leakage Current | 0V ≤ $R_{OUT}$ ≤ $V_{CC}$; EN = 0V (MAX223); EN = $V_{CC}$ (MAX235-241) | | | 0.05 | ±10 | µA |
| Receiver Output Enable Time | Normal operation | MAX223 | | 600 | | ns |
| | | MAX235-MAX241 | | 400 | | |
| Receiver Output Disable Time | Normal operation | MAX223 | | 900 | | ns |
| | | MAX235-MAX241 | | 250 | | |
| Propagation Delay | RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, $C_L$ = 150pF | | | 0.5 | 10 | µs |
| | | $t_{PHLS}$ | | 4 | 40 | |
| | | $t_{PLHS}$ | | 6 | 40 | |
| Transition Region Slew Rate | MAX223, MAX230, MAX234-MAX241: $T_A$ = +25°C, $V_{CC}$ = 5V, $R_L$ = 3kΩ to 7kΩ, $C_L$ = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V | | 3 | 5.1 | 30 | V/µs |
| | MAX231, MAX232, MAX233: $T_A$ = +25°C, $V_{CC}$ = 5V, $R_L$ = 3kΩ to 7kΩ, $C_L$ = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V | | | 4 | 30 | |
| Transmitter Output Resistance | $V_{CC}$ = $V+$ = $V-$ = 0V; $V_{OUT}$ = ±2V | | 300 | | | Ω |
| Receiver Out Short-Circuit Current | | | | ±10 | | mA |

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

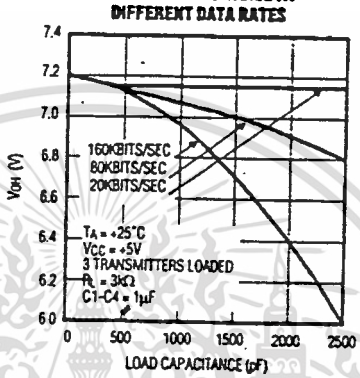
## Typical Operating Characteristics

MAX223, MAX230, MAX234-MAX241

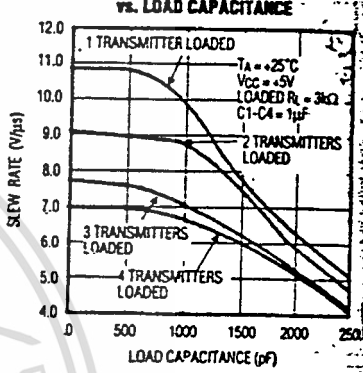
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE ($V_{OH}$) vs. $V_{CC}$



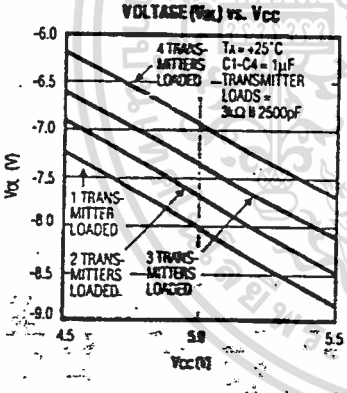

TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE ($V_{OH}$) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



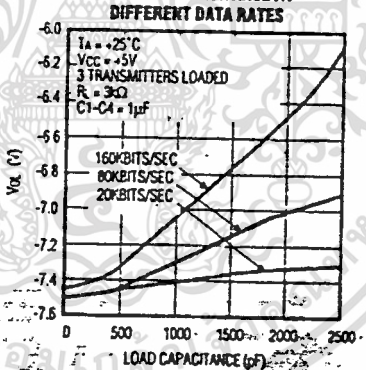

TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



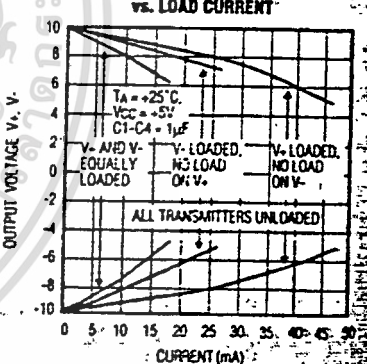

TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE ($V_{OL}$) vs. $V_{CC}$



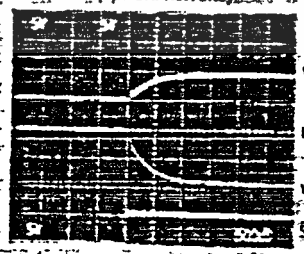

TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE ($V_{OL}$) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES




TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE $V_+$, $V_-$ vs. LOAD CURRENT




$V_+$, $V_-$ WHEN EXITING SHUTDOWN (1µF CAPACITORS)




*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR THE MAX241

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS – MAX244-MAX249

Supply Voltage ($V_{CC}$) ..... -0.3V to +6V

Input Voltages

$T_{IN}$, ENA, ENB, ENR, ENT, ENRA, ENRB, ENTA, ENTB ..... -0.3V to ($V_{CC}$ + 0.3V)

$R_{IN}$ ..... ±25V

$T_{OUT}$ (Note 4) ..... ±15V

$R_{OUT}$ ..... -0.3V to ($V_{CC}$ + 0.3V)

Short Circuit (1 output at a time)

$T_{OUT}$ to GND ..... Continuous

$R_{OUT}$ to GND ..... Continuous

Continuous Power Dissipation ($T_A$ = +70°C)

40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) .. 611mW

44-Pin PLCC (derate 13.33mW/°C above +70°C) .... 1067mW

Operating Temperature Ranges:

MAX24_C_ _ ..... 0°C to +70°C

MAX24_E_ _ ..... -40°C to +85°C

Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C

Lead Temperature (soldering, 10 sec) ..... +300°C

**Note 4:** Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or $V_{CC}$ = 0V.

*Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.*

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS – MAX244-MAX249

($V_{CC}$ = +5.0V ±10%, external capacitors C1-C4 = 1µF, $T_A$ = $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$, unless otherwise noted.)

| PARAMETER | CONDITIONS | | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **RS-232 TRANSMITTERS** | | | | | | |
| Input Logic Threshold Low | | | | 1.4 | 0.8 | V |
| Input Logic Threshold High | | | 2 | 1.4 | | V |
| Logic Pull-Up/Input Current | Tables 1A-1C | Normal operation | | 10 | 50 | µA |
| | | Shutdown | | ±0.01 | ±1 | |
| Data Rate | Tables 1A-1C, normal operation | | | | 64 | kbits/sec |
| Output Voltage Swing | All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND | | ±5 | ±7.5 | | V |
| Output Leakage Current (Shutdown) | Tables 1A-1C | | | ±0.01 | ±25 | µA |
| | | | | ±0.01 | ±25 | |
| Transmitter Output Resistance | $V_{CC}$ = V+ = V- = 0V, $V_{OUT}$ = ±2V (Note 5) | | 300 | 10M | | Ω |
| Output Short-Circuit Current | $V_{OUT}$ = 0V | | | ±7 | ±30 | mA |
| **RS-232 RECEIVERS** | | | | | | |
| RS-232 Input Voltage Operating Range | | | | | ±25 | V |
| RS-232 Input Threshold Low | $V_{CC}$ = 5V | | 0.8 | 1.3 | | V |
| RS-232 Input Threshold High | $V_{CC}$ = 5V | | | 1.8 | 2.4 | V |
| RS-232 Input Hysteresis | $V_{CC}$ = 5V | | 0.2 | 0.5 | 1.0 | V |
| RS-232 Input Resistance | | | 3 | 5 | 7 | kΩ |
| TTL/CMOS Output Voltage Low | $I_{OUT}$ = 3.2mA | | | 0.2 | 0.4 | V |
| TTL/CMOS Output Voltage High | $I_{OUT}$ = -1.0mA | | 3.5 | $V_{CC}$-0.2 | | V |
| TTL/CMOS Output Short-Circuit Current | Sourcing $V_{OUT}$ = GND | | -2 | -10 | | mA |
| | Sinking $V_{OUT}$ = $V_{CC}$ | | 10 | 30 | | |
| TTL/CMOS Output Leakage Current | Normal operation, outputs disabled; Tables 1A-1C, 0V ≤ $V_{OUT}$ ≤ $V_{CC}$ | | | ±0.05 | ±10 | µA |

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

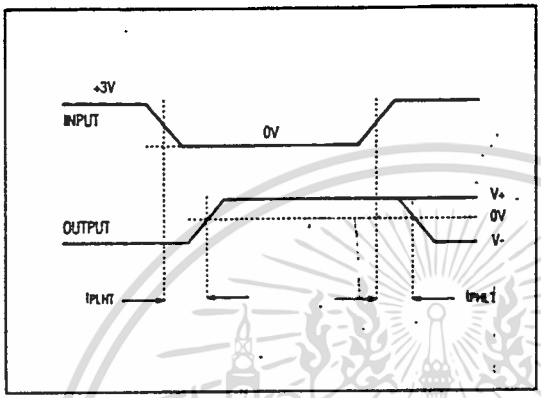



Figure 1. Transmitter Propagation Delay Timing

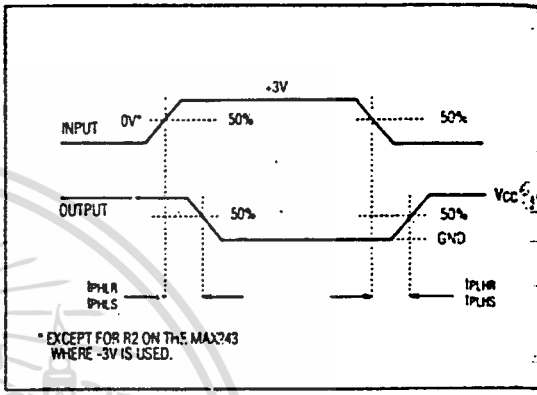



Figure 2. Receiver Propagation Delay Timing

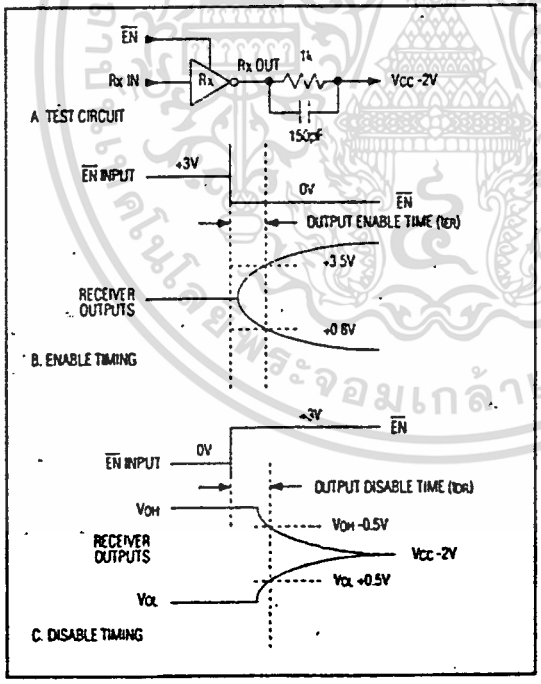



Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

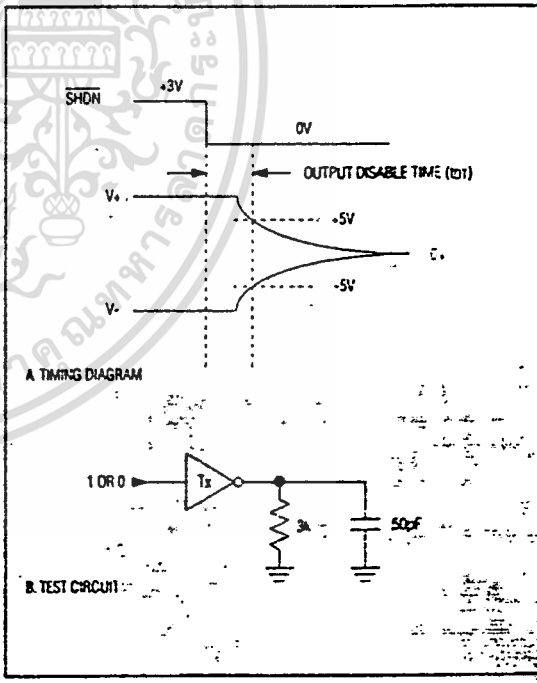



Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

Table 1A. MAX245 Control Pin Configurations

| $\overline{ENT}$ | $\overline{ENR}$ | OPERATION STATUS | TRANSMITTERS | | RECEIVERS | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | TA1-TA4 | TB1-TB4 | RA1-RA5 | RB1-RB5 |
| 0 | 0 | Normal Operation | All Active | All Active | All Active | All Active |
| 0 | 1 | Normal Operation | All Active | All Active | RA1-RA4 3-State, RA5 Active | RB1-RB4 3-State, RB5 Active |
| 1 | 0 | Shutdown | All 3-State | All 3-State | All Low-Power Receive Mode | All Low-Power Receive Mode |
| 1 | 1 | Shutdown | All 3-State | All 3-State | RA1-RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode | RB1-RB4 3-State, RB5 Low-Power Receive Mode |

Table 1B. MAX246 Control Pin Configurations

| $\overline{ENA}$ | $\overline{ENB}$ | OPERATION STATUS | TRANSMITTERS | | RECEIVERS | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | TA1-TA4 | TB1-TB4 | RA1-RA5 | RB1-RB5 |
| 0 | 0 | Normal Operation | All Active | All Active | All Active | All Active |
| 0 | 1 | Normal Operation | All Active | All 3-State | All Active | RB1-RB4 3-State RB5 Active |
| 1 | 0 | Shutdown | All 3-State | All Active | RA1-RA4 3-State RA5 Active | All Active |
| 1 | 1 | Shutdown | All 3-State | All 3-State | RA1-RA4 3-State RA5 Low-Power Receive Mode | RB1-RB4 3-State RB5 Low-Power Receive Mode |

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

**Table 1C. MAX247/248/249 Control Pin Configurations**

| $\overline{ENTA}$ | $\overline{ENTB}$ | $\overline{ENRA}$ | $\overline{ENRB}$ | OPERATION STATUS | | TRANSMITTERS | | RECEIVERS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | MAX247 | TA1-TA4 | TB1-TB4 | RA1-RA4 | RB1-RB5 |
| | | | | | MAX248 | TA1-TA4 | TB1-TB4 | RA1-RA4 | RB1-RB4 |
| | | | | | MAX249 | TA1-TA3 | TB1-TB3 | RA1-RA5 | RB1-RB5 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | Normal Operation | | All Active | All Active | All Active | All Active |
| 0 | 0 | 0 | 1 | Normal Operation | | All Active | All Active | All Active | All 3-State, except RB5 stays Active on MAX247 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | Normal Operation | | All Active | All Active | All 3-State | All Active |
| 0 | 0 | 1 | 1 | Normal Operation | | All Active | All Active | All 3-State | All 3-State, except RB5 stays Active on MAX247 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | Normal Operation | | All Active | All 3-State | All Active | All Active |
| 0 | 1 | 0 | 1 | Normal Operation | | All Active | All 3-State | All Active | All 3-State, except RB5 stays Active on MAX247 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | Normal Operation | | All Active | All 3-State | All 3-State | All Active |
| 0 | 1 | 1 | 1 | Normal Operation | | All Active | All 3-State | All 3-State | All 3-State, except RB5 stays Active on MAX247 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | Normal Operation | | All 3-State | All Active | All Active | All Active |
| 1 | 0 | 0 | 1 | Normal Operation | | All 3-State | All Active | All Active | All 3-State, except RB5 stays Active on MAX247 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | Normal Operation | | All 3-State | All Active | All 3-State | All Active |
| 1 | 0 | 1 | 1 | Normal Operation | | All 3-State | All Active | All 3-State | All 3-State, except RB5 stays Active on MAX247 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | Shutdown | | All 3-State | All 3-State | Low-Power Receive Mode | Low-Power Receive Mode |
| 1 | 1 | 0 | 1 | Shutdown | | All 3-State | All 3-State | Low-Power Receive Mode | All 3-State, except RB5 Low-Power Receive Mode on MAX247 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | Shutdown | | All 3-State | All 3-State | All 3-State | Low-Power Receive Mode |
| 1 | 1 | 1 | 1 | Shutdown | | All 3-State | All 3-State | All 3-State | All 3-State, except RB5 stays Active on MAX247 |

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

## Detailed Description

The MAX220-MAX249 contain four sections: dual charge-pump DC-DC voltage converters, RS-232 drivers, RS-232 receivers, and receiver and transmitter enable control inputs.

### Dual Charge-Pump Voltage Converter

The MAX220-MAX249 have two internal charge-pumps that convert +5V to ±10V (unloaded) for RS-232 driver operation. The first converter uses capacitor C1 to double the +5V input to +10V on C3 at the V+ output. The second converter uses capacitor C2 to invert +10V to -10V on C4 at the V- output.

A small amount of power may be drawn from the +10V (V+) and -10V (V-) outputs to power external circuitry (see Typical Operating Characteristics), except on the MAX245-MAX247, where these pins are not available. V+ and V- are not regulated, so the output voltage drops with increasing load current. Do not load V+ and V- to a point that violates the minimum ±5V EIA-232E driver output voltage when sourcing current from V+ and V- to external circuitry.

When using the shutdown feature (MAX222, MAX230, MAX235, MAX236, MAX240, MAX241 and MAX245-MAX249) avoid using V+ and V- to power external circuitry. When these parts are shut down, V- falls to 0V, and V+ falls to +5V. For applications where a +10V external supply is applied to the V+ pin (instead of using the internal charge pump to generate +10V), the C1 capacitor must not be installed and the $\overline{SHDN}$ pin must be tied to $V_{CC}$. This is because V+ is internally connected to $V_{CC}$ in shutdown mode.

### RS-232 Drivers

The typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver and $V_{CC}$ = +5V. Output swing is guaranteed to meet the EIA-232E and V.28 specification, that calls for ±5V minimum driver output levels under worst-case conditions. These include a minimum 3kΩ load, $V_{CC}$ = +4.5V, and maximum operating temperature. Unloaded driver output voltage ranges from (V+ -1.3V) to (V- +0.5V).

Input thresholds are both TTL and CMOS compatible. The inputs of unused drivers can be left unconnected since 400kΩ input pull-up resistors to $V_{CC}$ are built-in. The pull-up resistors force the outputs of unused drivers low because all drivers invert. The internal input pull-up resistors typically source 12µA, except in shutdown mode where the pull-ups are disabled. Driver outputs turn off and enter a high-impedance state—where leakage current is typically microamperes (maximum 25µA)—when in shutdown mode, in three-state mode, or when device power is removed. Outputs can be driven to ±15V. The power-supply current typically drops to 8µA in shutdown mode.

The MAX239 has a receiver 3-state control line, and the MAX223, MAX235, MAX236, MAX240 and MAX241 have both a receiver 3-state control line and a low-power shutdown control. The receiver TTL/CMOS outputs are in a high-impedance 3-state mode whenever the 3-state $\overline{EN}$able line is high, and are also high-impedance whenever the shutdown control line is high.

When in low-power shutdown mode, the driver outputs are turned off and their leakage current is less than 1µA with the driver output pulled to ground. The driver output leakage remains less then 1µA, even if the transmitter output is backdriven between 0V and ($V_{CC}$ + 6V). Below -0.5V the transmitter is diode clamped to ground with 1kΩ series impedance. The transmitter is also zener clamped to approximately $V_{CC}$ + 6V, with a series impedance of 1kΩ.

The driver output slew rate is limited to less than 30V/µs as required by the EIA-232E and V.28 specifications.

### RS-232 Receivers

EIA-232E and V.28 specifications define a voltage level greater than 3V as a logic 0, so all receivers invert. Input thresholds are set at 0.8V and 2.4V, so receivers respond to TTL level inputs as well as EIA-232E and V.28 levels.

The receiver inputs withstand an input overvoltage up to ±25V and provide input terminating resistors with nominal 5kΩ values. The receivers implement Type 1 interpretation of the fault conditions of V.28 and EIA-232E.

The receiver input hysteresis is typically 0.5V with a guaranteed minimum of 0.2V. This produces clear output transitions with slow-moving input signals, even with moderate amounts of noise and ringing. The receiver propagation delay is typically 600ns and is independent of input swing direction.

### Low-Power Receive Mode

The low-power receive-mode feature of the MAX223, MAX242, and MAX245-MAX249 puts the IC into shutdown mode, but still allows it to receive information. This is important for applications where systems are periodically awakened to look for activity. Using low-power receive mode, the system can still receive a signal that will activate it on command and prepare it for communication at faster data rates. This operation conserves system power.

### MAX243 – Negative Threshold

The MAX243 is pin compatible with the MAX232A, differing only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left floating without interrupting communication. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

The input threshold of the receiver without cable fault protection is -0.8V rather than +1.4V. Its output goes positive only if the input is connected to a control line that is actively driven negative. If not driven, it defaults to the 0 or "OK to send" state. Normally, the MAX243's other receiver (+1.4V threshold) is used for the data line (TD or RD), while the negative threshold receiver is connected to the control line (DTR, DTS, CTS, RTS, etc.).

Other members of the RS-232 family implement the optional cable fault protection as specified by EIA-232E specifications. This means a receiver output goes high whenever its input is driven negative, left floating, or shorted to ground. The high output tells the serial communications IC to stop sending data. To avoid this, the control lines must either be driven or connected with jumpers to an appropriate positive voltage level.

### Shutdown – MAX222-MAX242

On the MAX222, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241, all receivers are disabled during shutdown. On the MAX223 and MAX242, two receivers continue to operate in a reduced power mode when the chip is in shutdown. Under these conditions, the propagation delay increases to about 2.5µs for a high-to-low input transition. When in shutdown, the receiver acts as a CMOS inverter with no hysteresis. The MAX223 and MAX242 also have a receiver output enable input ($\overline{EN}$) that allows receiver output control independent of $\overline{SHDN}$. With all other devices, $\overline{SHDN}$ also disables the receiver outputs.

### Receiver and Transmitter Enable Control Inputs – MAX245-MAX249

The MAX245-MAX249 feature transmitter and receiver enable controls.

The receivers have three modes of operation: full-speed receive (normal active), three-state (disabled), and low-power receive (enabled receivers continue to function at lower data rates). The receiver enable inputs control the full-speed receive and three-state modes. The transmitters have two modes of operation: full-speed transmit (normal active) and three-state (disabled). The transmitter enable inputs also control the shutdown mode. The device enters shutdown mode when all transmitters are disabled. Enabled receivers function in the low-power receive mode when in shutdown.

Tables 1A-1C define the control states. The MAX244 has no control pins and is not included in these tables.

The MAX245 provides ten receivers and eight drivers with separate receiver and transmitter enable controls. The charge pumps turn off and the device shuts down when a logic high is applied to the $\overline{ENT}$ input. In this state, the supply current drops to less than 25µA and the receivers continue to operate in a low-power receive mode. Driver outputs enter a high-impedance state (three-state mode). Eight of the receiver outputs are controlled by the $\overline{ENR}$ input, while the remaining two receivers (RA5 and RB5) are always active. RA1-RA4 and RB1-RB4 are put in a three-state mode when $\overline{ENR}$ is a logic high.

The MAX246 has ten receivers and eight drivers with two control pins, each controlling one side of the device. A logic high at the A-side control input ($\overline{ENA}$) causes the four A-side receivers and drivers to go into a three-state mode. Similarly, the B-side control input ($\overline{ENB}$) causes the four B-side drivers and receivers to go into a three-state mode. As in the MAX245, one A-side and one B-side receiver (RA5 and RB5) remain active at all times. The entire device is put into shutdown mode when both the A and B sides are disabled, ($\overline{ENA}$ = $\overline{ENB}$ = +5V).

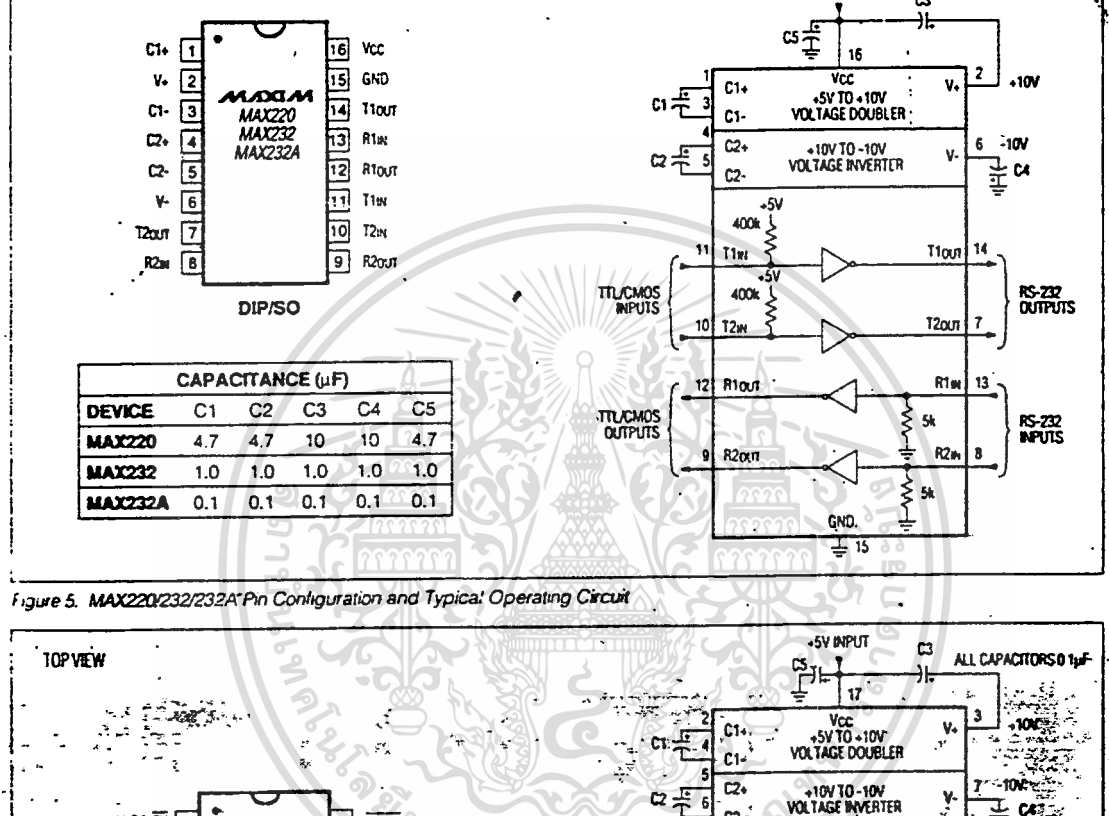
The MAX247 provides nine receivers and eight drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control four receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs each control four drivers. The ninth receiver (RB5) is always active. The device enters shutdown mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$.

The MAX248 provides eight receivers and eight drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control four receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs control four drivers each. This part does not have an always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$.

The MAX249 provides ten receivers and six drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control five receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs control three drivers each. There is no always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$. In shutdown mode, active receivers operate in a low-power receive mode at data rates less than 20kb/s.

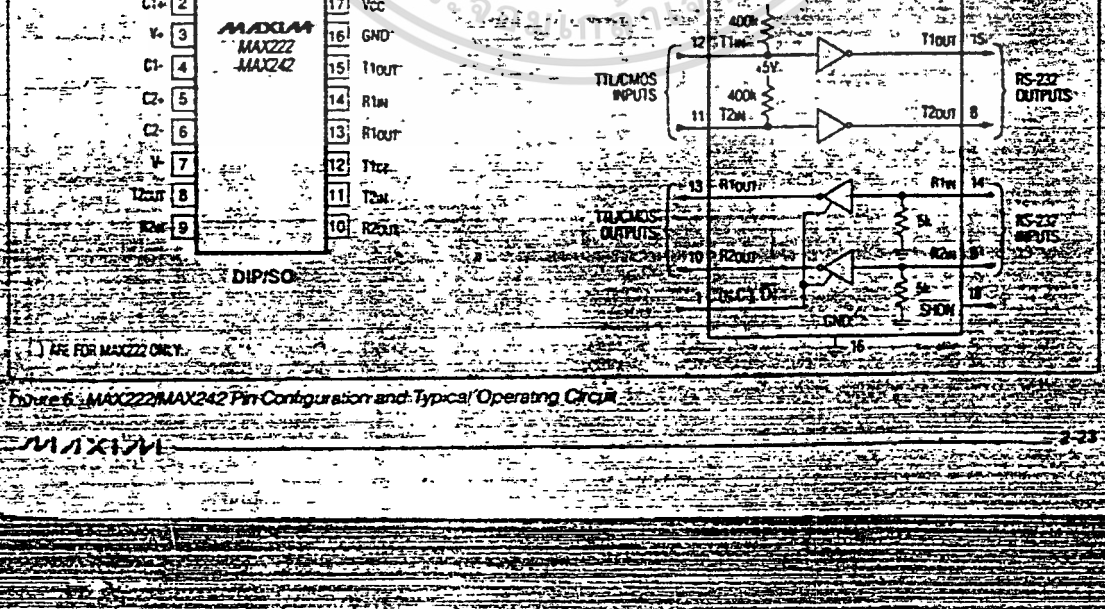
## Applications Information

Figures 5 through 24 show pin configurations and typical operating circuits. In applications that are sensitive to power-supply noise, VCC should be decoupled to ground with a capacitor of the same value as C1 and C2 connected as close as possible to the device. RS-232 receivers and drivers invert on all devices.




| CAPACITANCE (µF) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DEVICE | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MAX220 | 4.7 | 4.7 | 10 | 10 | 4.7 |
| MAX232 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| MAX232A | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |

*Figure 5. MAX220/232/232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit*




(*) ARE FOR MAX222 ONLY.

*Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configuration and Typical Operating Circuit*

# +5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

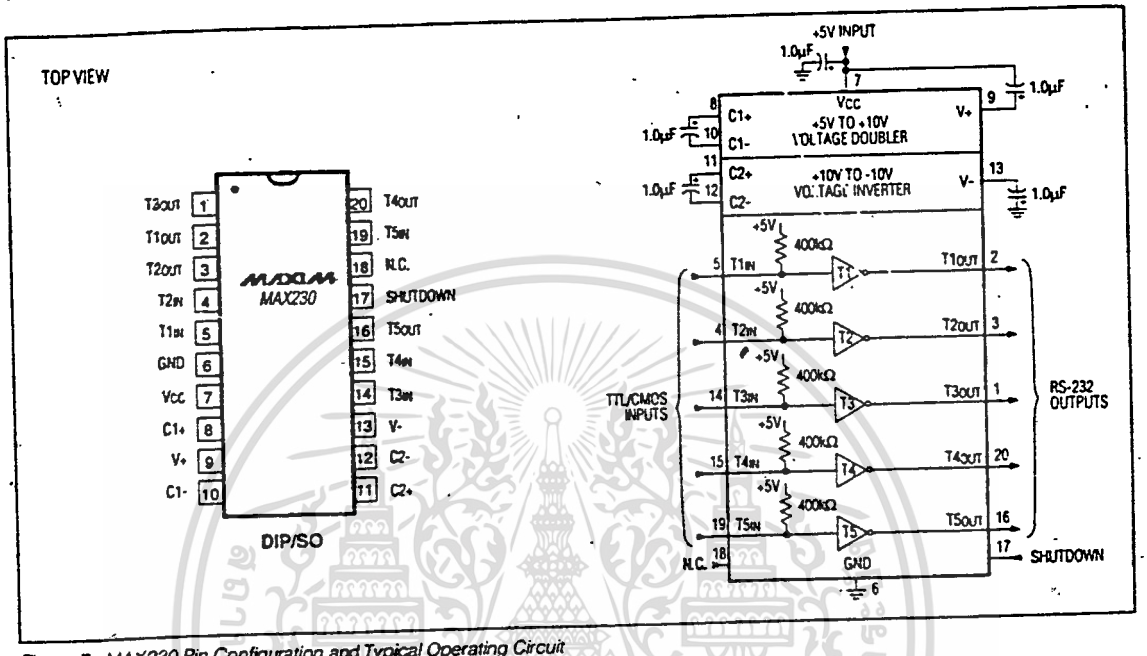



Figure 7. MAX230 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

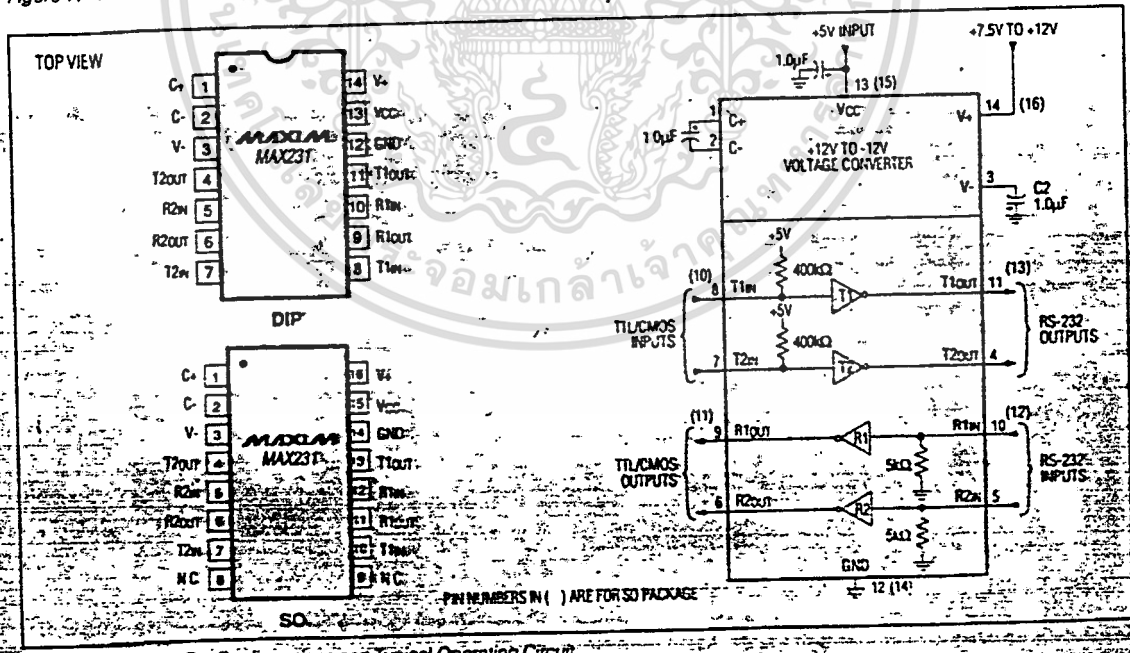
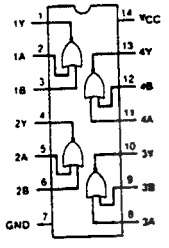



Figure 8. MAX230 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

RCA Solid State

# CD54/74HC02
# CD54/74HCT02

## High-Speed CMOS Logic




FUNCTIONAL DIAGRAM and TERMINAL ASSIGNMENT

## Quad 2-Input NOR Gate

**Type Features:**

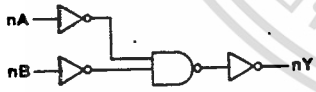
- *Buffered Inputs*
- *Typical Propagation Delay = 7ns @ $V_{CC}$ = 5v, $C_L$ = 15pF, $T_A$ = 25° C*

The RCA-CD54/74HC02 and CD54/74HCT02 logic gates utilize silicon-gate CMOS technology to achieve operating speeds similar to LSTTL gates with the low power consumption of standard CMOS integrated circuits. All devices have the ability to drive 10 LSTTL loads. The CD54/74HCT logic family is functionally as well as pin compatible with the standard 54LS/74LS logic family.

The CD54HC02 and CD54HCT02 are supplied in 14-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (F suffix). The CD74HC02 and CD74HCT02 are supplied in 14-lead dual-in-line plastic packages (E suffix) and in 14-lead dual-in-line surface mount plastic packages (M suffix). Both types are also available in chip form (H suffix).

**Family Features:**

- *Fanout (Over Temperature Range):*
  *Standard Outputs - 10 LSTTL Loads*
  *Bus Driver Outputs - 15 LSTTL Loads*
- *Wide Operating Temperature Range:*
  *CD74HC/HCT: −40 to +85° C*
- *Balanced Propagation Delay and Transition Times*
- *Significant Power Reduction Compared to LSTTL Logic ICs*
- *Alternate Source is Philips/Signetics*
- *CD54HC/CD74HC Types:*
  *2 to 6 V Operation*
  *High Noise Immunity: $N_{IL}$ = 30%, $N_{IH}$ = 30% of $V_{CC}$ @ $V_{CC}$ = 5 V*
- *CD54HCT/CD74HCT Types:*
  *4.5 to 5.5 V Operation*
  *Direct LSTTL Input Logic Compatibility*
  *$V_{IL}$ = 0.8 V Max., $V_{IH}$ = 2 V Min.*
  *CMOS Input Compatibility*
  *$I_I \leq 1\ \mu A$ @ $V_{OL}$, $V_{OH}$*




92CS-38424RI

LOGIC DIAGRAM

| TRUTH TABLE | | |
|---|---|---|
| nA | nB | nY |
| L | L | H |
| L | H | L |
| H | L | L |
| H | H | L |


Trademark(s)® Registered
Marca(s) Registrada(s)



Printed in USA/4-86
Supersedes issue dated 1-85.



Information furnished by RCA is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by RCA for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of RCA.



File Number **1647**





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MAXIMUM RATINGS,** *Absolute-Maximum Values:*

DC SUPPLY-VOLTAGE, ($V_{CC}$):
(Voltages referenced to ground) ..... -0.5 to + 7 V
DC INPUT DIODE CURRENT, $I_{IK}$ (FOR $V_I < -0.5$ V OR $V_I > V_{CC}$ +0.5V) ..... ±20mA
DC OUTPUT DIODE CURRENT, $I_{OK}$ (FOR $V_O < -0.5$ V OR $V_O > V_{CC}$ +0.5V) ..... ±20mA
DC DRAIN CURRENT, PER OUTPUT ($I_O$) (FOR $-0.5\ V < V_O < V_{CC} + 0.5V$) ..... ±25mA
DC $V_{CC}$ OR GROUND CURRENT ($I_{CC}$) ..... ±50mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE ($P_D$):
For $T_A$ = -40 to +60° C (PACKAGE TYPE E) ..... 500 mW
For $T_A$ = +60 to +85° C (PACKAGE TYPE E) ..... Derate Linearly at 8 mW/° C to 300 mW
For $T_A$ = -55 to +100° C (PACKAGE TYPE F, H) ..... 500 mW
For $T_A$ = +100 to +125° C (PACKAGE TYPE F, H) ..... Derate Linearly at 8 mW/° C to 300 mW
For $T_A$ = -40 to +70° C (PACKAGE TYPE M) ..... 400 mW
For $T_A$ = +70 to +125° C (PACKAGE TYPE M) ..... Derate Linearly at 6 mW/° C to 70 mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE ($T_A$):
PACKAGE TYPE F, H ..... -55 to +125° C
PACKAGE TYPE E, M ..... -40 to +85° C
STORAGE TEMPERATURE ($T_{stg}$) ..... -65 to +150° C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):
At distance 1/16 ± 1/32 in. (1.59 ± 0.79 mm) from case for 10 s max. ..... +265° C
Unit inserted into a PC Board (min. thickness 1/16 in., 1.59 mm)
with solder contacting lead tips only ..... +300° C

**RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS:**
**For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:**

| CHARACTERISTIC | LIMITS | | UNITS |
|---|---|---|---|
| | MIN. | MAX. | |
| Supply-Voltage Range (For $T_A$ = Full Package-Temperature Range) $V_{CC}$:* | | | |
| CD54/74HC Types | 2 | 6 | V |
| CD54/74HCT Types | 4.5 | 5.5 | |
| DC Input or Output Voltage $V_I$, $V_O$ | 0 | $V_{CC}$ | V |
| Operating Temperature $T_A$: | | | |
| CD74 Types | -40 | +85 | °C |
| CD54 Types | -55 | +125 | |
| Input Rise and Fall Times $t_r$, $t_f$ | | | |
| at 2 V | 0 | 1000 | ns |
| at 4.5 V | 0 | 500 | |
| at 6 V | 0 | 400 | |

*Unless otherwise specified, all voltages are referenced to Ground.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

| CHARACTERISTIC | CD74HC02/CD54HC02 | | | | | | | | | | CD74HCT02/CD54HCT02 | | | | | | | | | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TEST CONDITIONS | | | 74HC/54HC SERIES | | | 74HC SERIES | | 54HC SERIES | | TEST CONDITIONS | | 74HCT/54HCT SERIES | | | 74HCT SERIES | | 54HCT SERIES | | |
| | $V_I$ V | $I_O$ mA | $V_{CC}$ V | +25°C | | | -40/ +85°C | | -55/ +125°C | | $V_I$ V | $V_{CC}$ V | +25°C | | | -40/ +85°C | | -55/ +125°C | | |
| | | | | Min | Typ | Max | Min | Max | Min | Max | | | Min | Typ | Max | Min | Max | Min | Max | |
| High-Level Input Voltage $V_{IH}$ | | | 2 | 1.5 | — | — | 1.5 | — | 1.5 | — | — | 4.5 to 5.5 | 2 | — | — | 2 | — | 2 | — | V |
| | | | 4.5 | 3.15 | — | — | 3.15 | — | 3.15 | — | | | | | | | | | | |
| | | | 6 | 4.2 | — | — | 4.2 | — | 4.2 | — | | | | | | | | | | |
| Low-Level Input Voltage $V_{IL}$ | | | 2 | — | — | 0.5 | — | 0.5 | — | 0.5 | — | 4.5 to 5.5 | — | — | 0.8 | — | 0.8 | — | 0.8 | V |
| | | | 4.5 | — | — | 1.35 | — | 1.35 | — | 1.35 | | | | | | | | | | |
| | | | 6 | — | — | 1.8 | — | 1.8 | — | 1.8 | | | | | | | | | | |
| High-Level Output Voltage CMOS Loads $V_{OH}$ | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | -0.02 | 2 | 1.9 | — | — | 1.9 | — | 1.9 | — | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 4.5 | 4.4 | — | — | 4.4 | — | 4.4 | — | V |
| | | | 4.5 | 4.4 | — | — | 4.4 | — | 4.4 | — | | | | | | | | | | |
| | | | 6 | 5.9 | — | — | 5.9 | — | 5.9 | — | | | | | | | | | | |
| TTL Loads | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | -4 | 4.5 | 3.98 | — | — | 3.84 | — | 3.7 | — | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 4.5 | 3.98 | — | — | 3.84 | — | 3.7 | — | V |
| | | -5.2 | 6 | 5.48 | — | — | 5.34 | — | 5.2 | — | | | | | | | | | | |
| Low-Level Output Voltage CMOS Loads $V_{OL}$ | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 0.02 | 2 | — | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 4.5 | — | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | V |
| | | | 4.5 | — | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | | | | | | | | | | |
| | | | 6 | — | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | | | | | | | | | | |
| TTL Loads | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 4 | 4.5 | — | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 4.5 | — | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | V |
| | | 5.2 | 6 | — | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | | | | | | | | | | |
| Input Leakage Current $I_I$ | $V_{CC}$ or Gnd | | 6 | — | — | ±0.1 | — | ±1 | — | ±1 | Any Voltage Between $V_{CC}$ & Gnd | 5.5 | — | — | ±0.1 | — | ±1 | — | ±1 | μA |
| Quiescent Device Current $I_{CC}$ | $V_{CC}$ or Gnd | 0 | 6 | — | — | 2 | — | 20 | — | 40 | $V_{CC}$ or Gnd | 5.5 | — | — | 2 | — | 20 | — | 40 | μA |
| Additional Quiescent Device Current per input pin: 1 unit load $\Delta I_{CC}$* | | | | | | | | | | | $V_{CC}$-2.1 | 4.5 to 5.5 | — | 100 | 360 | — | 450 | — | 490 | μA |

*For dual-supply systems theoretical worst case ($V_I$ = 2.4 V, $V_{CC}$ = 5.5 V) specification is 1.8 mA.

### HCT Input Loading Table

| Input | Unit Loads* |
|---|---|
| All | 1.5 |

*Unit Load is $\Delta I_{CC}$ limit specified in Static Characteristic Chart, e.g., 360 μA max. @ 25°C.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

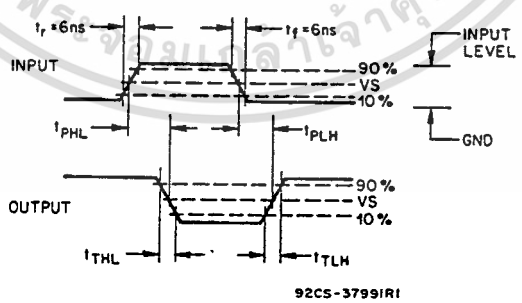
**SWITCHING CHARACTERISTICS ($V_{CC}$ = 5 V, $T_A$ = 25°C, Input $t_r$, $t_f$ = 6 ns)**

| CHARACTERISTIC | $C_L$ (pF) | SYMBOL | TYPICAL | | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | HC | HCT | |
| Propagation Delay, Data Input to Output Y (Fig. 1) | 15 | $t_{PLH}$ $t_{PHL}$ | 7 | 9 | ns |
| Power Dissipation Capacitance* | — | $C_{PD}$ | 26 | 26 | pF |

*$C_{PD}$ is used to determine the dynamic power consumption, per gate.
$P_D = V_{CC}^2 f_i (C_{PD} + C_L)$
$f_i$ = input frequency
$C_L$ = output load capacitance
$V_{CC}$ = supply voltage

**SWITCHING CHARACTERISTICS ($C_L$ = 50 pF, Input $t_r$, $t_f$ = 6 ns)**

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | $V_{CC}$ | 25°C | | | | -40°C to +85°C | | | | -55°C to +125°C | | | | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | HC | | HCT | | 74HC | | 74HCT | | 54HC | | 54HCT | | |
| | | | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | |
| Propagation Delay, Input to Output (Fig. 1) | $t_{PLH}$ $t_{PHL}$ | 2 | | 90 | | — | | 115 | | — | | 135 | | — | ns |
| | | 4.5 | | 18 | | 22 | | 23 | | 28 | | 27 | | 33 | |
| | | 6 | | 15 | | — | | 20 | | — | | 23 | | — | |
| Transition Times (Fig. 1) | $t_{TLH}$ $t_{THL}$ | 2 | | 75 | | — | | 95 | | — | | 110 | | — | ns |
| | | 4.5 | | 15 | | 15 | | 19 | | 19 | | 22 | | 22 | |
| | | 6 | | 13 | | — | | 16 | | — | | 19 | | — | |
| Input Capacitance | $C_I$ | — | | 10 | | 10 | | 10 | | 10 | | 10 | | 10 | pF |




| | 54/74HC | 54/74HCT |
|---|---|---|
| Input Level | $V_{CC}$ | 3V |
| Switching Voltage, $V_S$ | 50% $V_{CC}$ | 1.3 V |

*Fig. 1 - Transition times and propagation delay times.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signetics

# 74HC/HCT165
## 8-Bit Parallel-In/Serial-Out Shift Register

*Product Specification*

HCMOS Products

### FEATURES

- Asynchronous 8-bit parallel load
- Synchronous serial input
- Output capability: standard
- $I_{CC}$ category: MSI

### GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT165 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7.

The 74HC/HCT165 are 8-bit parallel-load or serial-in shift registers with complementary serial outputs ($Q_7$ and $\overline{Q}_7$) available from the last stage. When the parallel load ($\overline{PL}$) input is LOW, parallel data from the $D_0$ to $D_7$ inputs are loaded into the register asynchronously.

When $\overline{PL}$ is HIGH, data enters the register serially at the $D_s$ input and shifts one place to the right ($Q_0 \rightarrow Q_1 \rightarrow Q_2$, etc.) with each positive-going clock transition. This feature allows parallel-to-serial converter expansion by tying the $Q_7$ output to the $D_s$ input of the succeeding stage.

The clock input is a gated-OR structure which allows one input to be used as an active LOW clock enable ($\overline{CE}$) input. The pin assignment for the CP and $\overline{CE}$ inputs is arbitrary and can be reversed for layout convenience. The LOW-to-HIGH transition of input $\overline{CE}$ should only take place while CP HIGH for predictable operation. Also, the CP and $\overline{CE}$ should be LOW before the LOW-to-HIGH transition of $\overline{PL}$ to prevent shifting the data when $\overline{PL}$ is released.

### APPLICATIONS

- Parallel-to-serial data conversion

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | TYPICAL | | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | HC | HCT | |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay<br>CP to $Q_7$, $\overline{Q}_7$<br>$\overline{PL}$ to $Q_7$, $\overline{Q}_7$<br>$D_7$ to $Q_7$, $\overline{Q}_7$ | $C_L$ = 15 pF<br>$V_{CC}$ = 5 V | 16<br>15<br>11 | 14<br>17<br>11 | ns<br>ns<br>ns |
| $f_{max}$ | maximum clock frequency | | 56 | 48 | MHz |
| $C_I$ | input capacitance | | 3.5 | 3.5 | pF |
| $C_{PD}$ | power dissipation capacitance per package | notes 1 and 2 | 35 | 35 | pF |

GND = 0 V; $T_{amb}$ = 25 °C; $t_r = t_f$ = 6 ns

Notes

1. $C_{PD}$ is used to determine the dynamic power dissipation ($P_D$ in μW):
   $P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ where:
   $f_i$ = input frequency in MHz
   $f_o$ = output frequency in MHz
   $\Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs
   $C_L$ = output load capacitance in pF
   $V_{CC}$ = supply voltage in V
2. For HC the condition is $V_I$ = GND to $V_{CC}$
   For HCT the condition is $V_I$ = GND to $V_{CC}$ − 1.5 V

### ORDERING INFORMATION / PACKAGE OUTLINES

74HC/HCT165N: 16-pin plastic DIP; NJ1 package
74HC/HCT165D: 16-pin SO-16; DJ1 package

### PIN DESCRIPTION

| PIN NO. | SYMBOL | NAME AND FUNCTION |
|---|---|---|
| 1 | $\overline{PL}$ | asynchronous parallel load input (active LOW) |
| 7 | $\overline{Q}_7$ | complementary output from the last stage |
| 9 | $Q_7$ | serial output from the last stage |
| 2 | CP | clock input (LOW-to-HIGH edge-triggered) |
| 8 | GND | ground (0 V) |
| 10 | $D_s$ | serial data input |
| 11, 12, 13, 14, 3, 4, 5, 6 | $D_0$ to $D_7$ | parallel data inputs |
| 15 | $\overline{CE}$ | clock enable input (active LOW) |
| 16 | $V_{CC}$ | positive supply voltage |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 8-Bit Parallel-In/Serial-Out Shift Register

# 74HC/HCT165

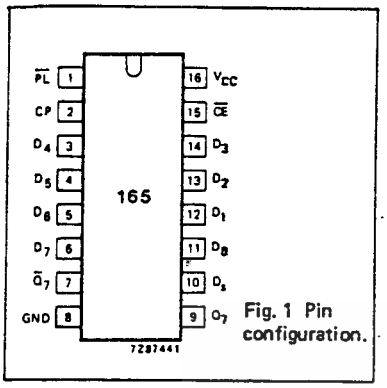



Fig. 1 Pin configuration.

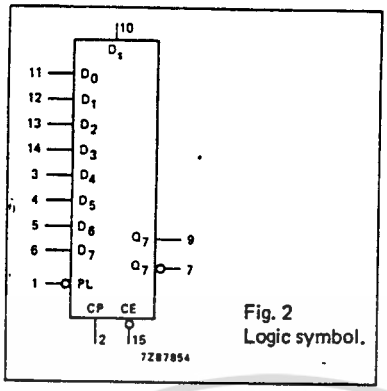



Fig. 2 Logic symbol.

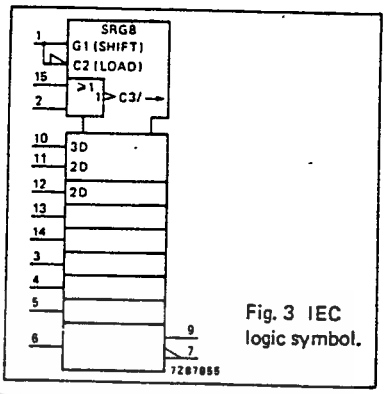



Fig. 3 IEC logic symbol.

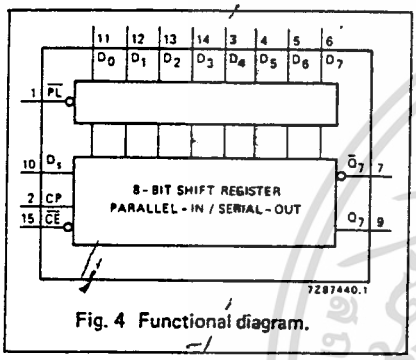



Fig. 4 Functional diagram.

## FUNCTION TABLE

| OPERATING MODES | INPUTS | | | | | $Q_n$ REGISTERS | | OUTPUTS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{PL}$ | $\overline{CE}$ | CP | $D_S$ | $D_0$-$D_7$ | $Q_0$ | $Q_1$-$Q_6$ | $Q_7$ | $\overline{Q}_7$ |
| parallel load | L<br>L | X<br>X | X<br>X | X<br>X | L<br>H | L<br>H | L - L<br>H - H | L<br>H | H<br>L |
| serial shift | H<br>H | L<br>L | ↑<br>↑ | l<br>h | X<br>X | L<br>H | $q_0$-$q_5$<br>$q_0$-$q_5$ | $q_6$<br>$q_6$ | $\overline{q_6}$<br>$\overline{q_6}$ |
| hold "do nothing" | H | H | X | X | X | $q_0$ | $q_1$-$q_6$ | $q_7$ | $q_7$ |

H = HIGH voltage level
h = HIGH voltage level one set-up time prior to the LOW-to-HIGH clock transition
L = LOW voltage level
l = LOW voltage level one set-up time prior to the LOW-to-HIGH clock transition
q = lower case letters indicate the state of the referenced output one set-up time prior to the LOW-to-HIGH clock transition
X = don't care
↑ = LOW-to-HIGH clock transition

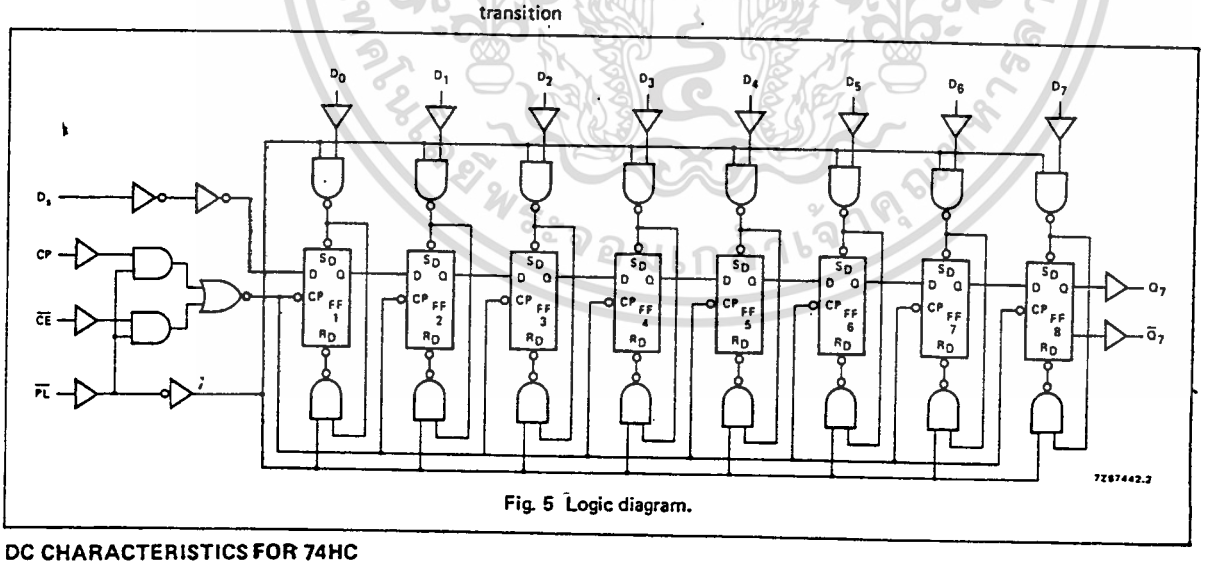



Fig. 5 Logic diagram.

## DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see chapter "HCMOS family characteristics", section "Family specifications".

Output capability: standard
$I_{CC}$ category: MSI



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; $t_r = t_f$ = 6 ns; $C_L$ = 50 pF

| SYMBOL | PARAMETER | $T_{amb}$ (°C) | | | | | | | UNIT | TEST CONDITIONS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 74HC | | | | | | | | | |
| | | | +25 | | −40 to +85 | | −40 to +125 | | | $V_{CC}$ V | WAVEFORMS |
| | | min. | typ. | max. | min. | max. | min. | max. | | | |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay $\overline{CE}$, CP to $Q_7$, $\overline{Q}_7$ | | 52<br>19<br>15 | 165<br>33<br>28 | | 205<br>41<br>35 | | 250<br>50<br>43 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 6 |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay $\overline{PL}$ to $Q_7$, $\overline{Q}_7$ | | 50<br>18<br>14 | 165<br>33<br>28 | | 205<br>41<br>35 | | 250<br>50<br>43 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 7 |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay $D_7$ to $Q_7$, $\overline{Q}_7$ | | 36<br>13<br>10 | 120<br>24<br>20 | | 150<br>30<br>26 | | 180<br>36<br>31 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 8 |
| $t_{THL}/t_{TLH}$ | output transition time | | 19<br>7<br>6 | 75<br>15<br>13 | | 95<br>19<br>16 | | 110<br>22<br>19 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 6 |
| $t_W$ | clock pulse width HIGH or LOW | 80<br>16<br>14 | 17<br>6<br>5 | | 100<br>20<br>17 | | 120<br>24<br>20 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 6 |
| $t_W$ | parallel load pulse width; LOW | 80<br>16<br>14 | 17<br>6<br>5 | | 100<br>20<br>17 | | 120<br>24<br>20 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 7 |
| $t_{su}$ | set-up time $D_s$ to CP, $\overline{CE}$ | 80<br>16<br>14 | 11<br>4<br>3 | | 100<br>20<br>17 | | 120<br>24<br>20 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 9 |
| $t_{su}$ | set-up time $\overline{PL}$ to CP, $\overline{CE}$ | 100<br>20<br>17 | 22<br>8<br>6 | | 125<br>25<br>21 | | 150<br>30<br>26 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 7 |
| $t_{su(L)}$ | set-up time $\overline{CE}$ to CP; CP to $\overline{CE}$ | 80<br>16<br>14 | 17<br>6<br>5 | | 100<br>20<br>17 | | 120<br>24<br>20 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 9 |
| $t_{su}$ | set-up time $D_n$ to $\overline{PL}$ | 80<br>16<br>14 | 22<br>8<br>6 | | 100<br>20<br>17 | | 120<br>24<br>20 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 10 |
| $t_h$ | hold time $D_s$ to CP, $\overline{CE}$<br>$D_n$ to $\overline{PL}$ | 5<br>5<br>5 | −3<br>−1<br>−1 | | 5<br>5<br>5 | | 5<br>5<br>5 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 9 |
| $t_h$ | hold time $\overline{PL}$, $\overline{CE}$ to CP<br>$\overline{PL}$, CP to $\overline{CE}$ | 35<br>7<br>6 | −3<br>−1<br>−1 | | 45<br>9<br>8 | | 55<br>11<br>9 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 9 |
| $f_{max}$ | maximum clock pulse frequency | 6<br>30<br>35 | 17<br>51<br>61 | | 5<br>24<br>28 | | 4<br>20<br>24 | | MHz | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 6 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see chapter "HCMOS family characteristics", section "Family specifications".

Output capability: standard
$I_{CC}$ category: MSI

**Note to HCT types**

The value of additional quiescent supply current ($\Delta I_{CC}$) for a unit load of 1 is given in the family specifications. To determine $\Delta I_{CC}$ per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

| input | unit load coefficient |
|---|---|
| $D_0$ to $D_7$ | 0.35 |
| $D_s$ | 0.35 |
| $\overline{CP}$ | 0.65 |
| $\overline{CE}$ | 0.65 |
| $\overline{PL}$ | 0.65 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

GND = 0 V; $t_r = t_f$ = 6 ns; $C_L$ = 50 pF

| SYMBOL | PARAMETER | $T_{amb}$ (°C) | | | | | | | UNIT | TEST CONDITIONS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 74HCT | | | | | | | | $V_{CC}$ V | WAVEFORMS |
| | | +25 | | | −40 to +85 | | −40 to +125 | | | | |
| | | min. | typ. | max. | min. | max. | min. | max. | | | |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay $\overline{CE}$, CP to $Q_7$, $\overline{Q}_7$ | | 17 | 34 | | 43 | | 51 | ns | 4.5 | Fig. 6 |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay $\overline{PL}$ to $Q_7$, $\overline{Q}_7$ | | 20 | 40 | | 50 | | 60 | ns | 4.5 | Fig. 7 |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay $D_7$ to $Q_7$, $\overline{Q}_7$ | | 14 | 28 | | 35 | | 42 | ns | 4.5 | Fig. 8 |
| $t_{THL}/t_{TLH}$ | output transition time | | 7 | 15 | | 19 | | 22 | ns | 4.5 | Fig. 6 |
| $t_W$ | clock pulse width HIGH or LOW | 20 | 8 | | 25 | | 30 | | ns | 4.5 | Fig. 6 |
| $t_W$ | parallel load pulse width; LOW | 20 | 9 | | 25 | | 30 | | ns | 4.5 | Fig. 7 |
| $t_{su}$ | set-up time $D_s$ to CP, $\overline{CE}$ | 20 | 2 | | 25 | | 30 | | ns | 4.5 | Fig. 9 |
| $t_{su}$ | set-up time $\overline{PL}$ to CP, $\overline{CE}$ | 20 | 8 | | 25 | | 30 | | ns | 4.5 | Fig. 7 |
| $t_{su(L)}$ | set-up time $\overline{CE}$ to CP; CP to $\overline{CE}$ | 20 | 7 | | 25 | | 30 | | ns | 4.5 | Fig. 9 |
| $t_{su}$ | set-up time $D_n$ to $\overline{PL}$ | 20 | 10 | | 25 | | 30 | | ns | 4.5 | Fig. 10 |
| $t_h$ | hold time $D_s$ to CP, $\overline{CE}$; $D_n$ to $\overline{PL}$ | 7 | −1 | | 9 | | 11 | | ns | 4.5 | Fig. 9 |
| $t_h$ | hold time $\overline{PL}$, $\overline{CE}$ to CP; $\overline{PL}$, CP to $\overline{CE}$ | 0 | −7 | | 0 | | 0 | | ns | 4.5 | Fig. 9 |
| $f_{max}$ | maximum clock pulse frequency | 26 | 44 | | 21 | | 17 | | MHz | 4.5 | Fig. 6 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC WAVEFORMS

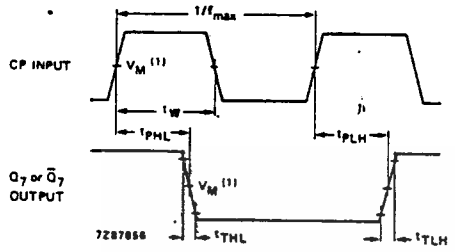



Fig. 6 Waveforms showing the clock (CP) to output ($Q_7$ or $\overline{Q}_7$) propagation delays, the clock pulse width, the output transition times and the maximum clock frequency.

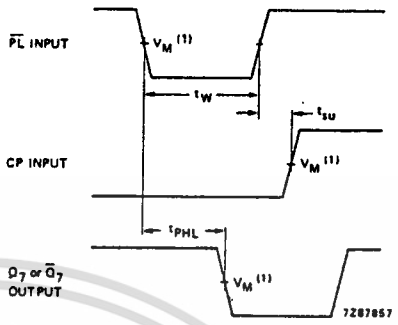



Fig. 7 Waveforms showing the parallel load ($\overline{PL}$) pulse width, the parallel load to output ($Q_7$ or $\overline{Q}_7$) propagation delays and the parallel load to clock (CP) set-up time.

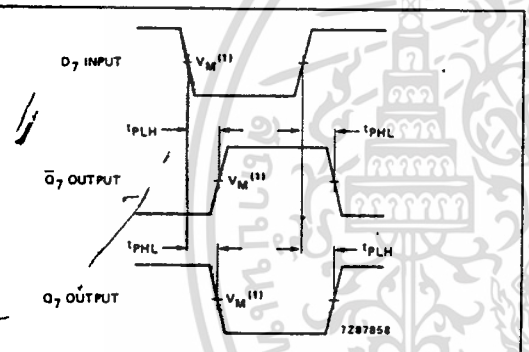



Fig. 8 Waveforms showing the data input ($D_n$) to output ($Q_7$ or $\overline{Q}_7$) propagation delays when $\overline{PL}$ is LOW.

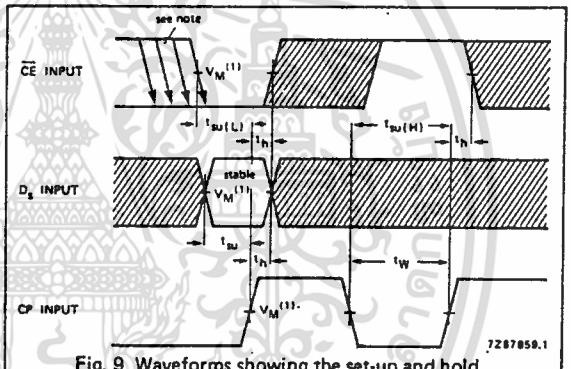



Fig. 9 Waveforms showing the set-up and hold times from the serial data input ($D_S$) to the clock (CP), from the clock enable input (LOW $\overline{CE}$) to the clock (CP) and from the clock enable input $\overline{CE}$ to the clock (CP).

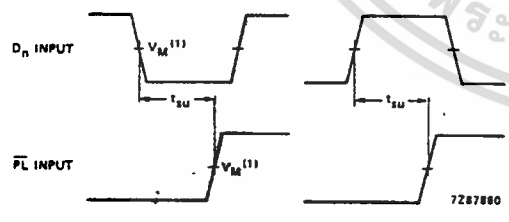



Fig. 10 Waveforms showing the set-up and hold times from the data inputs $D_5$ and $D_7$ to the parallel load input ($\overline{PL}$).

Note to Figs 6 and 7

The changing to output assumes internal $Q_6$ opposite state from $Q_7$.

Note to Fig. 9

$\overline{CE}$ may change only from HIGH-to-LOW while CP is LOW.

The shaded areas indicate when the input is permitted to change for predictable output performance.

Note to AC waveforms

(1) HC : $V_M$ = 50%; $V_I$ = GND to $V_{CC}$
HCT: $V_M$ = 1.3 V; $V_I$ = GND to 3 V.

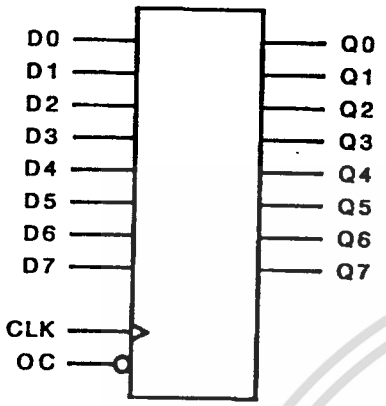


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 8-bit
- 3-state

**Pin Description**

D0 through D7 — Data inputs
Q0 through Q0 — Outputs
CLK — Clock
OC — 3-state output control

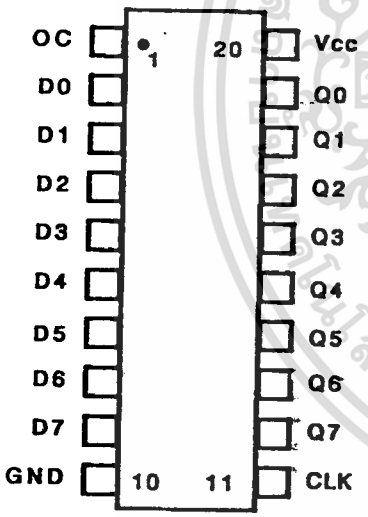



Function diagram.

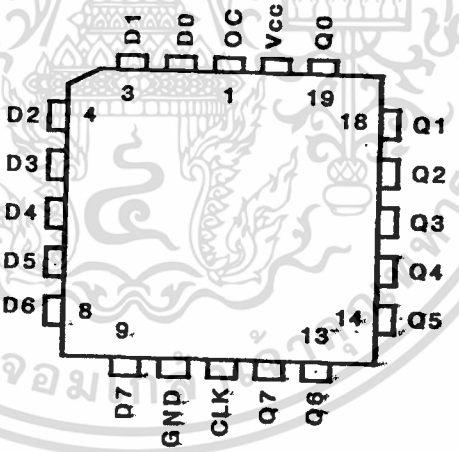
| OC | CLK | D | Q |
|---|---|---|---|
| 0 | ↑ | 1 | 1 |
| 0 | ↑ | 0 | 0 |
| 0 | 0 | X | $Q_0$ |
| 1 | X | X | Z |

Function table.

$Q_o$ = Status of Q output prior to occurrence of the positive-going edge of the clock input.




Pinout (top view) for DIP, SO, and FP packages.




Pinout (top view) for PLCC and LCC packages.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMMERCIAL GRADE VERSIONS

| DEVICE IDENTIFICATION | PACKAGE STYLE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | DIP | SO | PLCC | LCC | FP |
| **TTL TECHNOLOGY** | | | | | |
| 74ALS574 | 20 | 20 | 20 | | |
| 74AS574 | 20 | 20 | 20 | | |
| 74F574 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| **CMOS TECHNOLOGY** | | | | | |
| 74AC574 | 20 | 20 | | 20 | |
| 74ACT574 | 20 | 20 | | 20 | |
| 74HC574 | 20 | 20 | 20 | | |
| 74HCT574 | 20 | 20 | 20 | | |

INDUSTRIAL GRADE VERSIONS

| DEVICE IDENTIFICATION | PACKAGE STYLE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | DIP | SO | PLCC | LCC | FP |
| **TTL TECHNOLOGY** | | | | | |
| 54ALS574 | 20 | | | | |
| 54AS574 | 20 | | | | |
| 54F574 | 20 | | | 20 | |
| 54LS574 | 20 | | | | 20 |
| **CMOS TECHNOLOGY** | | | | | |
| 54AC574 | 20 | | | 20 | 20 |
| 54ACT574 | 20 | | | 20 | 20 |
| 54HC574 | 20 | | | | |
| 54HCT574 | 20 | | | | |

Available types and packages.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signetics

# 74HC/HCT161
## Presettable Synchronous 4-Bit Binary Counter

***Product Specification***

**HCMOS Products**

### FEATURES

- Synchronous counting and loading
- Two count enable inputs for n-bit cascading
- Positive-edge triggered clock
- Asynchronous reset
- Output capability: standard
- $I_{CC}$ category: MSI

### GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT161 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7.

The 74HC/HCT161 are synchronous presettable binary counters which feature an internal look-ahead carry and can be used for high-speed counting. Synchronous operation is provided by having all flip-flops clocked simultaneously on the positive-going edge of the clock (CP).

The outputs ($Q_0$ to $Q_3$) of the counters may be preset to a HIGH or LOW level. A LOW level at the parallel enable input ($\overline{PE}$) disables the counting action and causes the data at the data inputs ($D_0$ to $D_3$) to be loaded into the counter on the positive-going edge of the clock (providing that the set-up and hold time requirements for $\overline{PE}$ are met). Preset takes place regardless of the levels at count enable inputs (CEP and CET).

*(continued on next page)*

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | TYPICAL | | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | HC | HCT | |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay<br>CP to $Q_n$<br>CP to TC<br>$\overline{MR}$ to $Q_n$<br>$\overline{MR}$ to TC<br>CET to TC | $C_L$ = 15 pF<br>$V_{CC}$ = 5 V | <br>19<br>21<br>20<br>20<br>10 | <br>20<br>24<br>25<br>26<br>14 | <br>ns<br>ns<br>ns<br>ns<br>ns |
| $f_{max}$ | maximum clock frequency | | 44 | 45 | MHz |
| $C_I$ | input capacitance | | 3.5 | 3.5 | pF |
| $C_{PD}$ | power dissipation capacitance per package | notes 1 and 2 | 33 | 35 | pF |

GND = 0 V; $T_{amb}$ = 25 °C; $t_r = t_f$ = 6 ns

Notes

1. $C_{PD}$ is used to determine the dynamic power dissipation ($P_D$ in $\mu$W):
   $P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ where:
   $f_i$ = input frequency in MHz
   $f_o$ = output frequency in MHz
   $\Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs
   $C_L$ = output load capacitance in pF
   $V_{CC}$ = supply voltage in V
2. For HC the condition is $V_I$ = GND to $V_{CC}$
   For HCT the condition is $V_I$ = GND to $V_{CC}$ − 1.5 V

### ORDERING INFORMATION / PACKAGE OUTLINES

74HC/HCT161N: 16-pin plastic DIP; NJ1 package
74HC/HCT161D: 16-pin SO-16; DJ1 package

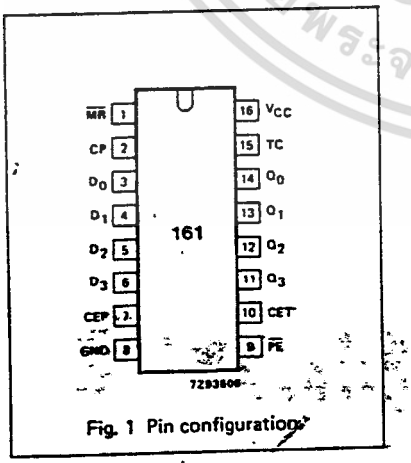



Fig. 1 Pin configuration.

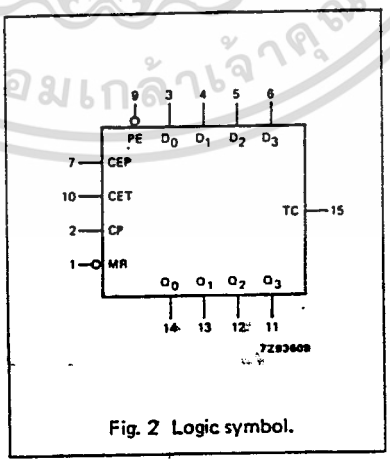



Fig. 2 Logic symbol.

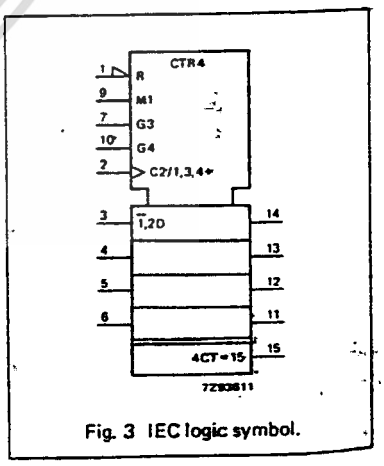



Fig. 3 IEC logic symbol.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Presettable Synchronous 4-Bit Binary Counter

# 74HC/HCT161

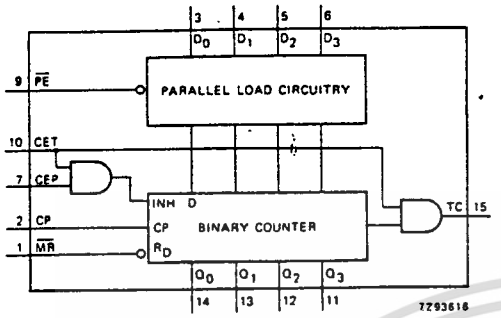



Fig. 4 Functional diagram.

## GENERAL DESCRIPTION (Cont'd.)

A LOW level at the master reset input ($\overline{MR}$) sets all four outputs of the flip-flops ($Q_0$ to $Q_3$) to LOW level regardless of the levels at CP, $\overline{PE}$, CET and CEP inputs (thus providing an asynchronous clear function).

The look-ahead carry simplifies serial cascading of the counters. Both count enable inputs (CEP and CET) must be HIGH to count. The CET input is fed forward to enable the terminal count output (TC). The TC output thus enabled will produce a HIGH output pulse of a duration approximately equal to a HIGH level output of $Q_0$. This pulse can be used to enable the next cascaded stage.

## PIN DESCRIPTION

| PIN NO. | SYMBOL | NAME AND FUNCTION |
|---|---|---|
| 1 | $\overline{MR}$ | asynchronous master reset (active LOW) |
| 2 | CP | clock input (LOW-to-HIGH, edge-triggered) |
| 3, 4, 5, 6 | $D_0$ to $D_3$ | data inputs |
| 7 | CEP | count enable input |
| 8 | GND | ground (0 V) |
| 9 | $\overline{PE}$ | parallel enable input (active LOW) |
| 10 | CET | count enable carry input |
| 14, 13, 12, 11 | $Q_0$ to $Q_3$ | flip-flop outputs |
| 15 | TC | terminal count output |
| 16 | $V_{CC}$ | positive supply voltage |

## FUNCTION TABLE

| OPERATING MODE | INPUTS | | | | | | OUTPUTS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{MR}$ | CP | CEP | CET | $\overline{PE}$ | $D_n$ | $Q_n$ | TC |
| reset (clear) | L | X | X | X | X | X | L | L |
| parallel load | H | ↑ | X | X | l | l | L | L |
| | H | ↑ | X | X | l | h | H | * |
| count | H | ↑ | h | h | h | X | count | * |
| hold (do nothing) | H | X | l | X | h | X | $q_n$ | * |
| | H | X | X | l | h | X | $q_n$ | L |

Note to function table

* The TC output is HIGH when CET is HIGH and the counter is at terminal count (HHHH).

H = HIGH voltage level
h = HIGH voltage level one set-up time prior to the LOW-to-HIGH CP transition
L = LOW voltage level
l = LOW voltage level one set-up time prior to the LOW-to-HIGH CP transition
q = lower case letters indicate the state of the referenced output one set-up time prior to the LOW-to-HIGH CP transition
X = don't care
↑ = LOW-to-HIGH CP transition



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

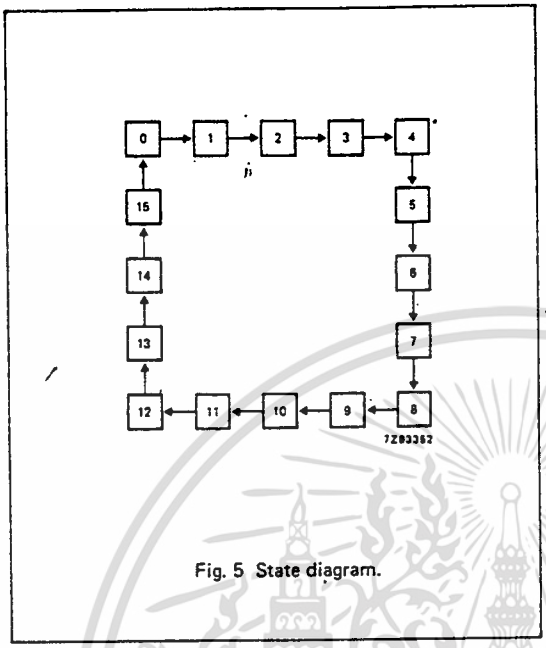



Fig. 5 State diagram.

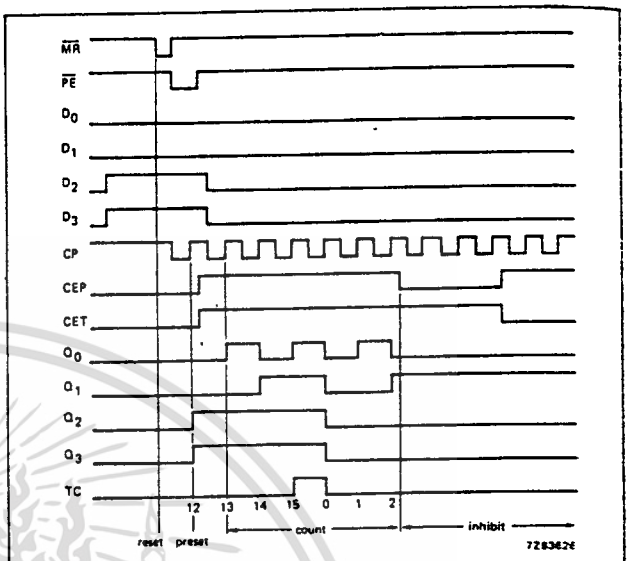



Fig. 6 Typical timing sequence: reset outputs to zero; preset to binary twelve; count to thirteen, fourteen, fifteen, zero, one and two; inhibit.

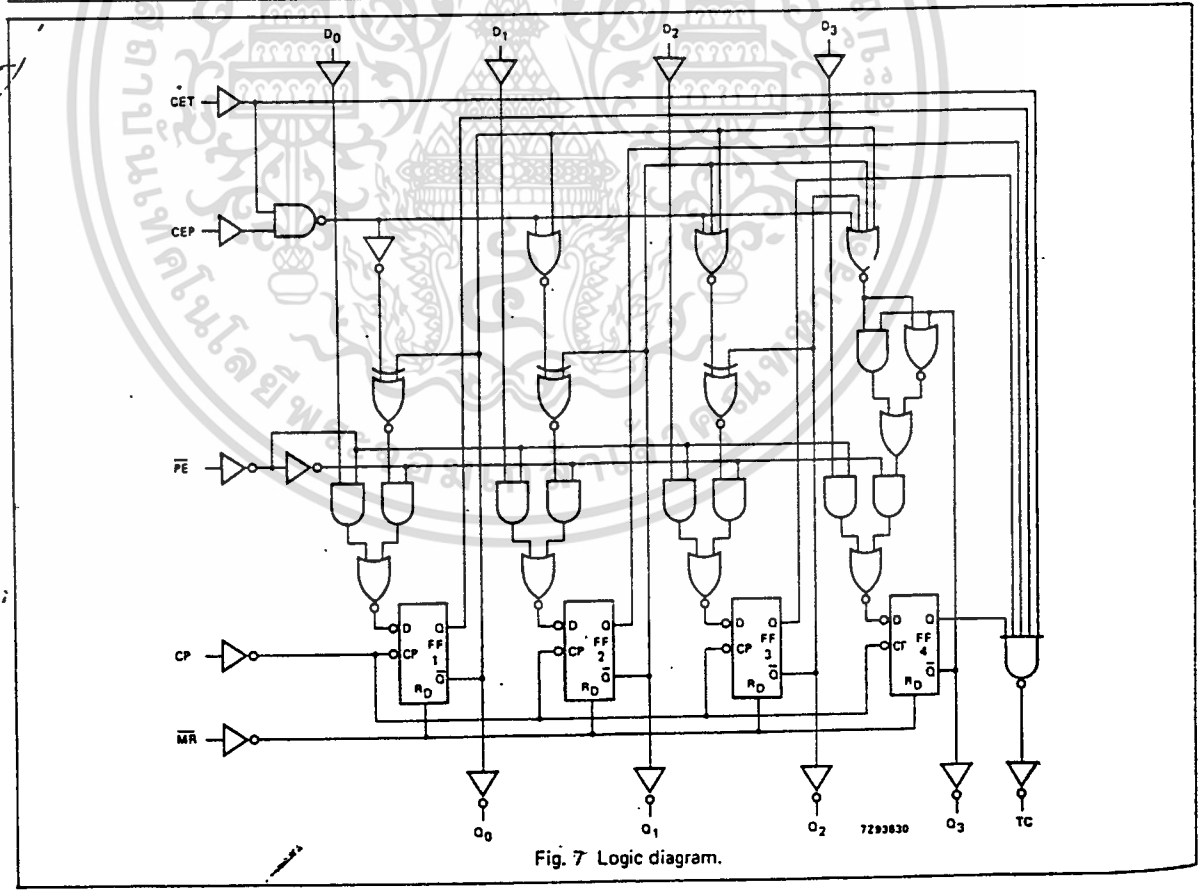



Fig. 7 Logic diagram.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see chapter "HCMOS family characteristics", section "Family specifications".

Output capability: standard
$I_{CC}$ category: MSI

## AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; $t_r = t_f$ = 6 ns; $C_L$ = 50 pF

| SYMBOL | PARAMETER | $T_{amb}$ (°C) | | | | | | | UNIT | TEST CONDITIONS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 74HC | | | | | | | | $V_{CC}$ V | WAVEFORMS |
| | | +25 | | | −40 to +85 | | −40 to +125 | | | | |
| | | min. | typ. | max. | min. | max. | min. | max. | | | |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay CP to $Q_n$ | | 61<br>22<br>18 | 190<br>38<br>32 | | 240<br>48<br>41 | | 285<br>57<br>48 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 8 |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay CP to TC | | 69<br>25<br>20 | 215<br>43<br>37 | | 270<br>54<br>46 | | 325<br>65<br>55 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 8 |
| $t_{PHL}$ | propagation delay $\overline{MR}$ to $Q_n$ | | 63<br>23<br>18 | 210<br>42<br>36 | | 265<br>53<br>45 | | 315<br>63<br>54 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 9 |
| $t_{PHL}$ | propagation delay $\overline{MR}$ to TC | | 63<br>23<br>18 | 220<br>44<br>37 | | 275<br>55<br>47 | | 330<br>66<br>56 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 9 |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay CET to TC | | 33<br>12<br>10 | 150<br>30<br>26 | | 190<br>38<br>33 | | 225<br>45<br>38 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 10 |
| $t_{THL}/t_{TLH}$ | output transition time | | 19<br>7<br>6 | 75<br>15<br>13 | | 95<br>19<br>16 | | 110<br>22<br>19 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Figs 8 and 10 |
| $t_W$ | clock pulse width HIGH or LOW | 110<br>22<br>19 | 22<br>8<br>6 | | 140<br>28<br>24 | | 165<br>33<br>28 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 8 |
| $t_W$ | master reset pulse width; LOW | 80<br>16<br>14 | 19<br>7<br>6 | | 100<br>20<br>17 | | 120<br>24<br>20 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 9 |
| $t_{rem}$ | removal time $\overline{MR}$ to CP | 100<br>20<br>17 | 19<br>7<br>6 | | 125<br>25<br>21 | | 150<br>30<br>26 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 9 |
| $t_{su}$ | set-up time $D_n$ to CP | 80<br>16<br>14 | 25<br>9<br>7 | | 100<br>20<br>17 | | 120<br>24<br>20 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 11 |
| $t_{su}$ | set-up time $\overline{PE}$ to CP | 100<br>20<br>17 | 30<br>11<br>9 | | 125<br>25<br>21 | | 150<br>30<br>26 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 11 |
| $t_{su}$ | set-up time CEP, CET to CP | 170<br>34<br>29 | 47<br>17<br>14 | | 215<br>43<br>37 | | 255<br>51<br>43 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 12 |
| $t_h$ | hold time $D_n$, $\overline{PE}$, CEP, CET to CP | 0<br>0<br>0 | −14<br>−5<br>−4 | | 0<br>0<br>0 | | 0<br>0<br>0 | | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Figs 11 and 12 |
| $f_{max}$ | maximum clock pulse frequency | 4.6<br>23<br>27 | 13<br>40<br>48 | | 3.6<br>18<br>21 | | 3.0<br>15<br>18 | | MHz | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 8 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see chapter "HCMOS family characteristics", section "Family specifications".

Output capability: standard
$I_{CC}$ category: MSI

**Note to HCT types**

The value of additional quiescent supply current ($\Delta I_{CC}$) for a unit load of 1 is given in the family specifications.
To determine $\Delta I_{CC}$ per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

| INPUT | UNIT LOAD COEFFICIENT |
|---|---|
| $\overline{MR}$ | 0.95 |
| CP | 0.80 |
| CEP | 0.25 |

| INPUT | UNIT LOAD COEFFICIENT |
|---|---|
| $D_n$ | 0.25 |
| CET | 0.75 |
| $\overline{PE}$ | 0.30 |

## AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

GND = 0 V; $t_r = t_f$ = 6 ns; $C_L$ = 50 pF

| SYMBOL | PARAMETER | $T_{amb}$ (°C) | | | | | | | UNIT | TEST CONDITIONS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 74HCT | | | | | | | | $V_{CC}$ V | WAVEFORMS |
| | | +25 | | | −40 to +85 | | −40 to +125 | | | | |
| | | min. | typ. | max. | min. | max. | min. | max. | | | |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay CP to $Q_n$ | | 23 | 43 | | 54 | | 65 | ns | 4.5 | Fig. 8 |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay CP to TC | | 28 | 48 | | 60 | | 72 | ns | 4.5 | Fig. 8 |
| $t_{PHL}$ | propagation delay $\overline{MR}$ to $Q_n$ | | 29 | 46 | | 58 | | 69 | ns | 4.5 | Fig. 9 |
| $t_{PHL}$ | propagation delay $\overline{MR}$ to TC | | 30 | 51 | | 64 | | 77 | ns | 4.5 | Fig. 9 |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay CET to TC | | 17 | 35 | | 44 | | 53 | ns | 4.5 | Fig. 10 |
| $t_{THL}/t_{TLH}$ | output transition time | | 7 | 15 | | 19 | | 22 | ns | 4.5 | Figs 8 and 10 |
| $t_W$ | clock pulse width HIGH or LOW | 22 | 7 | | 28 | | 33 | | ns | 4.5 | Fig. 8 |
| $t_W$ | master reset pulse width; LOW | 20 | 10 | | 25 | | 30 | | ns | 4.5 | Fig. 9 |
| $t_{rem}$ | removal time $\overline{MR}$ to CP | 20 | 6 | | 25 | | 30 | | ns | 4.5 | Fig. 9 |
| $t_{su}$ | set-up time $D_n$ to CP | 18 | 8 | | 23 | | 27 | | ns | 4.5 | Fig. 11 |
| $t_{su}$ | set-up time $\overline{PE}$ to CP | 30 | 17 | | 38 | | 45 | | ns | 4.5 | Fig. 11 |
| $t_{su}$ | set-up time CEP, CET to CP | 40 | 17 | | 50 | | 60 | | ns | 4.5 | Fig. 12 |
| $t_h$ | hold time $D_n$, $\overline{PE}$, CEP, CET to CP | 0 | −7 | | 0 | | 0 | | ns | 4.5 | Figs 11 and 12 |
| $f_{max}$ | maximum clock pulse frequency | 23 | 41 | | 18 | | 15 | | MHz | 4.5 | Fig. 8 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC WAVEFORMS

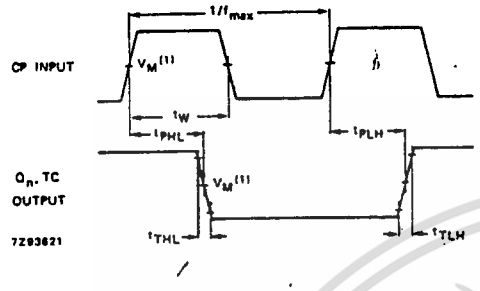



Fig. 8 Waveforms showing the clock (CP) to outputs ($Q_n$, TC) propagation delays, the clock pulse width, the output transition times and the maximum clock frequency.

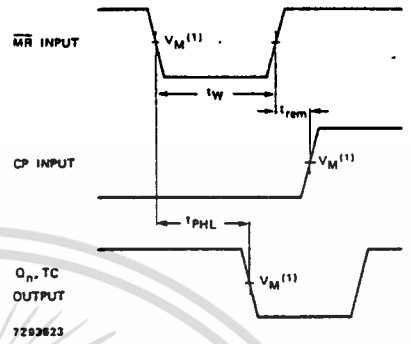



Fig. 9 Waveforms showing the master reset ($\overline{MR}$) pulse width, the master reset to output ($Q_n$, TC) propagation delays and the master reset to clock (CP) removal time.

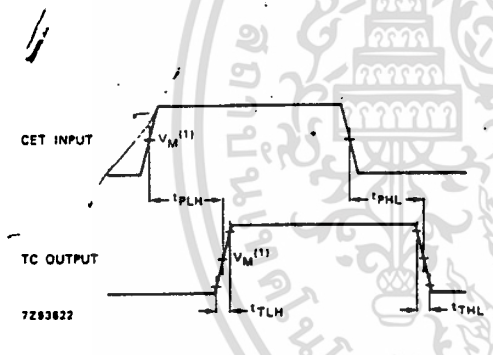



Fig. 10 Waveforms showing the input (CET) to output (TC) propagation delays and output transition times.

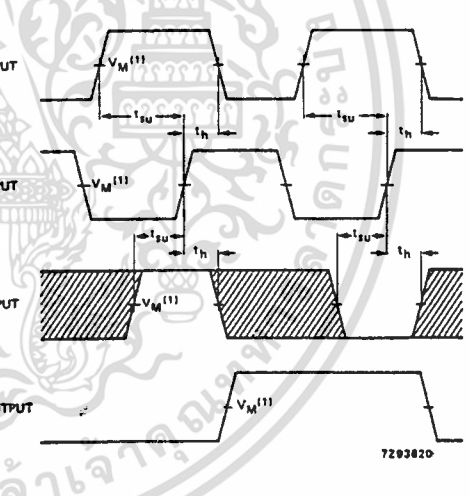



Fig. 11 Waveforms showing the set-up and hold times for the input ($D_n$) and parallel enable input $\overline{PE}$.

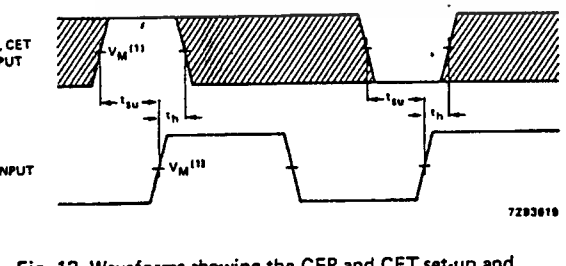



Fig. 12 Waveforms showing the CEP and CET set-up and hold times.

Note to Figs 11 and 12

The shaded areas indicate when the input is permitted to change for predictable output performance.

Note to AC waveforms

(1) HC : $V_M$ = 50%; $V_I$ = GND to $V_{CC}$.
HCT: $V_M$ = 1.3 V; $V_I$ = GND to 3 V.

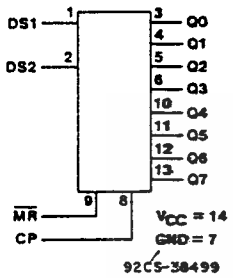


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RCA Solid State

# CD54/74HC164
# CD54/74HCT164

## High-Speed CMOS Logic




FUNCTIONAL DIAGRAM

## 8-Bit Serial-In/Parallel-Out Shift Register

**Type Features:**

- *Buffered Inputs*
- *Asynchronous Master Reset*
- *Typical $f_{MAX}$ = 60 MHz @ $V_{CC}$ = 5V, $C_L$ = 15 pF, $T_A$ = 25° C*

The RCA-CD54/74HC164 and CD54/74HCT164 are 8-bit serial-in parallel-out shift registers with asynchronous reset. Data is shifted on the positive edge of Clock (CP). A LOW on the Master Reset ($\overline{MR}$) pin resets the shift register and all outputs go to the LOW state regardless of the input conditions. Two Serial Data inputs (DS1 and DS2) are provided, either one can be used as a Data Enable control.

The RCA CD54/74HC164 are supplied in 14-lead ceramic dual-in-line packages (F suffix). The CD74HC/HCT164 are supplied in a 14-lead plastic dual-in-line plastic package (E suffix) and in 14-lead dual-in-line surface mount plastic packages (M suffix). The CD54/74HC/HCT164 are also supplied in chip form (H suffix).

**Family Features:**

- *Fanout (Over Temperature Range):*
  *Standard Outputs - 10 LSTTL Loads*
  *Bus Driver Outputs - 15 LSTTL Loads*
- *Wide Operating Temperature Range:*
  *CD74HC/HCT: –40 to +85° C*
- *Balanced Propagation Delay and Transition Times*
- *Significant Power Reduction Compared to LSTTL Logic ICs*
- *Alternate Source is Philips/Signetics*
- *CD54HC/CD74HC Types:*
  *2 to 6 V Operation*
  *High Noise Immunity:*
  *$N_{IL}$= 30%, $N_{IH}$=30% of $V_{CC}$ @ $V_{CC}$=5 V*
- *CD 54HCT/CD74HCT Types:*
  *4.5 to 5.5 V Operation*
  *Direct LSTTL Input Logic Compatibility*
  *$V_{IL}$=0.8 V Max., $V_{IH}$=2 V Min.*
  *CMOS Input Compatibility*
  *$I_I \leq 1$ uA @ $V_{OL}$, $V_{OH}$*

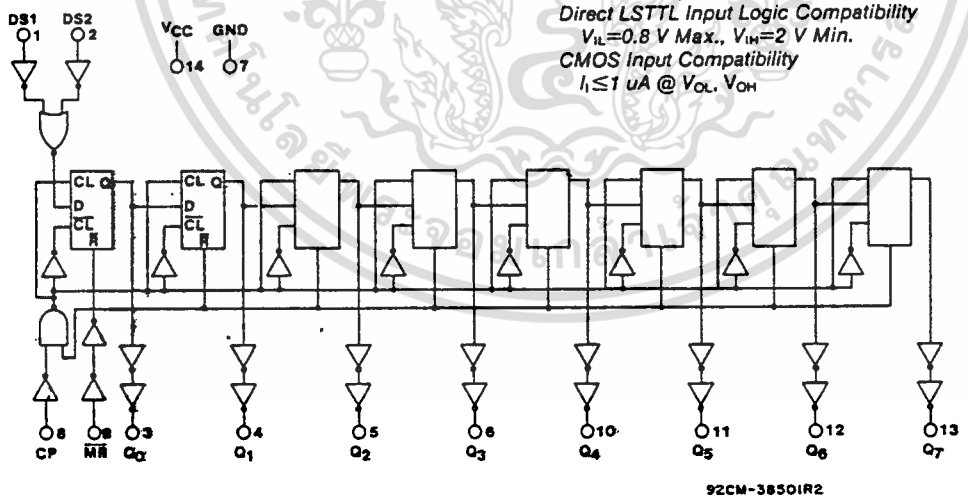



*Fig. 1 - Logic diagram for the CD54/74HC164, CD54/74HCT164.*

Trademark(s)®Registered
Marca(s) Registrada(s)

Printed in USA/4-86
Supersedes issue
dated 1-85.

Information furnished by RCA is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by RCA for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of RCA.

File Number 1658

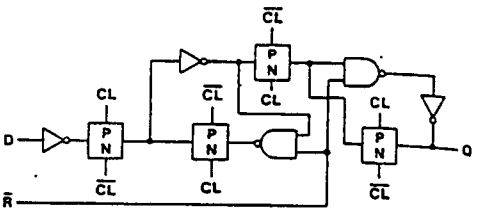


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MODE SELECT — TRUTH TABLE

| Operating Mode | Inputs | | | | Outputs | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{MR}$ | CP | DS1 | DS2 | Q0 | Q1 — | Q7 |
| Reset (Clear) | L | X | X | X | L | L — | L |
| Shift | H | ↑ | l | l | L | $q_0$ — | $q_6$ |
| | H | ↑ | l | h | L | $q_0$ — | $q_6$ |
| | H | ↑ | h | l | L | $q_0$ — | $q_6$ |
| | H | ↑ | h | h | H | $q_0$ — | $q_6$ |

H=HIGH voltage level.
h=HIGH voltage level one setup time prior to the LOW-to-HIGH clock transition.
L=LOW voltage level.
l=LOW voltage level one setup time prior to the LOW-to-HIGH clock transition.
q=Lower case letters indicate the state of the reference input (or output) one setup time prior to the LOW-to-HIGH clock transition.
X=Don't care.
↑=LOW-to-HIGH clock transition.




92CS-38500RI

FLIP FLOP DETAIL

**MAXIMUM RATINGS,** *Absolute-Maximum Values:*

DC SUPPLY-VOLTAGE, ($V_{CC}$):
(Voltages referenced to ground) ..... −0.5 to +7 V
DC INPUT DIODE CURRENT, $I_{IK}$ (FOR $V_I < -0.5$ V OR $V_I > V_{CC}+0.5$ V) ..... ±20 mA
DC OUTPUT DIODE CURRENT, $I_{OK}$ (FOR $V_O < -0.5$ V OR $V_O > V_{CC}+0.5$ V) ..... ±20 mA
DC DRAIN CURRENT, PER OUTPUT ($I_O$) (FOR $-0.5$ V $< V_O < V_{CC} + 0.5$ V) ..... ±25 mA
DC $V_{CC}$ OR GROUND CURRENT ($I_{CC}$) ..... ±50 mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE ($P_D$):
For $T_A$ = −40 to +60° C (PACKAGE TYPE E) ..... 500 mW
For $T_A$ = +60 to +85° C (PACKAGE TYPE E) ..... Derate Linearly at 8 mW/° C to 300mW
For $T_A$ = −55 to +100° C (PACKAGE TYPE F, H) ..... 500 mW
For $T_A$ = +100 to +125° C (PACKAGE TYPE F, H) ..... Derate Linearly at 8 mW/° C to 300 mW
For $T_A$ = −40 to +70° C (PACKAGE TYPE M) ..... 400 mW
For $T_A$ = +70 to +125° C (PACKAGE TYPE M) ..... Derate Linearly at 6 mW/° C to 70 mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE ($T_A$):
PACKAGE TYPE E, M ..... −40 to +85° C
PACKAGE TYPE F, H ..... −55 to +125° C
STORAGE TEMPERATURE ($T_{stg}$) ..... −65 to +150° C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):
At distance 1/16 ± 1/32 in. (1.59 ± 0.79 mm) from case for 10 s max. ..... +265° C
Unit inserted into a PC Board (min. thickness 1/16 in., 1.59 mm)
with solder contacting lead tips only ..... +300° C

**RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS:**
**For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:**

| CHARACTERISTIC | LIMITS MIN. | LIMITS MAX. | UNITS |
|---|---|---|---|
| Supply-Voltage Range (For $T_A$=Full Package-Temperature Range) $V_{CC}$:* | | | |
| CD54/74HC Types | 2 | 6 | V |
| CD54/74HCT Types | 4.5 | 5.5 | |
| DC Input or Output Voltage $V_I$, $V_O$ | 0 | $V_{CC}$ | V |
| Operating Temperature $T_A$: | | | |
| CD74 Types | −40 | +85 | °C |
| CD54 Types | −55 | +125 | |
| Input Rise and Fall Times $t_r$, $t_f$ | | | |
| at 2 V | 0 | 1000 | ns |
| at 4.5 V | 0 | 500 | |
| at 6 V | 0 | 400 | |

*Unless otherwise specified, all voltages are referenced to Ground.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

| CHARACTERISTIC | CD74HC164/CD54HC164 | | | | | | | | | | CD74HCT164/CD54HCT164 | | | | | | | | | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TEST CONDITIONS | | | 74HC/54HC TYPES | | | 74HC TYPES | | 54HC TYPES | | TEST CONDITIONS | | 74HCT/54HCT TYPES | | | 74HCT TYPES | | 54HCT TYPES | | |
| | $V_I$ V | $I_O$ mA | $V_{CC}$ V | +25°C | | | −40/ +85°C | | −55/ +125°C | | $V_I$ V | $V_{CC}$ V | +25°C | | | −40/ +85°C | | −55/ +125°C | | |
| | | | | Min | Typ | Max | Min | Max | Min | Max | | | Min | Typ | Max | Min | Max | Min | Max | |
| High-Level Input Voltage $V_{IH}$ | | | 2 | 1.5 | — | — | 1.5 | — | 1.5 | — | | 4.5 to 5.5 | 2 | — | — | 2 | — | 2 | — | V |
| | | | 4.5 | 3.15 | — | — | 3.15 | — | 3.15 | — | — | | | | | | | | | |
| | | | 6 | 4.2 | — | — | 4.2 | — | 4.2 | — | | | | | | | | | | |
| Low-Level Input Voltage $V_{IL}$ | | | 2 | — | — | 0.5 | — | 0.5 | — | 0.5 | | 4.5 to 5.5 | — | — | 0.8 | — | 0.8 | — | 0.8 | V |
| | | | 4.5 | — | — | 1.35 | — | 1.35 | — | 1.35 | — | | | | | | | | | |
| | | | 6 | — | — | 1.8 | — | 1.8 | — | 1.8 | | | | | | | | | | |
| High-Level Output Voltage $V_{OH}$ CMOS Loads | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | −0.02 | 2 | 1.9 | — | — | 1.9 | — | 1.9 | — | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 4.5 | 4.4 | — | — | 4.4 | — | 4.4 | — | V |
| | | | 4.5 | 4.4 | — | — | 4.4 | — | 4.4 | — | | | | | | | | | | |
| | | | 6 | 5.9 | — | — | 5.9 | — | 5.9 | — | | | | | | | | | | |
| TTL Loads | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | −4 | 4.5 | 3.98 | — | — | 3.84 | — | 3.7 | — | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 4.5 | 3.98 | — | — | 3.84 | — | 3.7 | — | V |
| | | −5.2 | 6 | 5.48 | — | — | 5.34 | — | 5.2 | — | | | | | | | | | | |
| Low-Level Output Voltage $V_{OL}$ CMOS Loads | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 0.02 | 2 | — | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 4.5 | — | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | V |
| | | | 4.5 | — | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | | | | | | | | | | |
| | | | 6 | — | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | | | | | | | | | | |
| TTL Loads | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 4 | 4.5 | — | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 4.5 | — | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | V |
| | | 5.2 | 6 | — | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | | | | | | | | | | |
| Input Leakage Current | $V_{CC}$ or Gnd | | 6 | — | — | ±0.1 | — | ±1 | — | ±1 | Any Voltage between $V_{CC}$ & Gnd | 5.5 | — | — | ±0.1 | — | ±1 | — | ±1 | μA |
| Quiescent Device Current $I_{CC}$ | $V_{CC}$ or Gnd | 0 | 6 | — | — | 8 | — | 80 | — | 160 | $V_{CC}$ or Gnd | 5.5 | — | — | 8 | — | 80 | — | 160 | μA |
| Additional Quiescent Device Current per input pin: 1 unit load $\Delta I_{CC}$* | | | | | | | | | | | $V_{CC}$-2.1 | 4.5 to 5.5 | — | 100 | 360 | — | 450 | — | 490 | μA |

*For dual-supply systems theoretical worst case ($V_I$ = 2.4 V, $V_{CC}$ = 5.5 V) specification is 1.8 mA.

### HCT Input Loading Table

| Input | Unit Loads* |
|---|---|
| Date Shift-In (1,2) | 0.3 |
| $\overline{MR}$ | 0.9 |
| Clock | 0.7 |

*Unit Load is $\Delta I_{CC}$ limit specified in Static Characteristic Chart, e.g., 360 μA max. @ 25°C.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

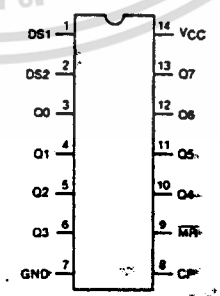
## SWITCHING CHARACTERISTICS ($V_{CC}$=5 V, $T_A$=25° C, Input $t_r$, $t_f$=6 ns)

| CHARACTERISTIC | $C_L$ pF | SYMBOL | Typical | | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 54/74HC | 54/74HCT | |
| Maximum Clock Frequency | 15 | $f_{MAX}$ | 60 | 54 | MHz |
| Propagation Delay: CP to $Q_6$, Qn to Qn+1 | 15 | $t_{PLH}$, $t_{PHL}$ | 14 | 15 | ns |
| $\overline{MR}$ to Qn | 15 | $t_{PHL}$ | 11 | 16 | ns |
| Power Dissipation Capacitance | — | $C_{PD}$* | 47 | 49 | pF |

*$C_{PD}$ is used to determine the dynamic power consumption, per device.
$P_D = C_{PD} V_{CC}^2 f_i + \Sigma (C_L V_{CC}^2 f_O)$ where:
$f_i$ = input frequency.
$f_O$ = output frequency.
$C_L$ = output load capacitance.
$V_{CC}$ = supply voltage.

## PREREQUISITE FOR SWITCHING FUNCTION

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | $V_{CC}$ | 25°C | | | | -40°C to +85°C | | | | -55°C to +125°C | | | | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | HC | | HCT | | 74HC | | 74HCT | | 54HC | | 54HCT | | |
| | | | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | |
| Maximum Clock Frequency | $f_{MAX}$ | 2 | 6 | — | — | — | 5 | — | — | — | 4 | — | — | — | MHz |
| | | 4.5 | 30 | — | 27 | — | 24 | — | 22 | — | 20 | — | 18 | — | |
| | | 6 | 35 | — | — | — | 28 | — | — | — | 24 | — | — | — | |
| $\overline{MR}$ Pulse Width | $t_W$ | 2 | 60 | — | — | — | 75 | — | — | — | 90 | — | — | — | ns |
| | | 4.5 | 12 | — | 18 | — | 15 | — | 23 | — | 18 | — | 27 | — | |
| | | 6 | 10 | — | — | — | 13 | — | — | — | 15 | — | — | — | |
| CP Pulse Width | $t_W$ | 2 | 80 | — | — | — | 100 | — | — | — | 120 | — | — | — | ns |
| | | 4.5 | 16 | — | 18 | — | 20 | — | 23 | — | 24 | — | 27 | — | |
| | | 6 | 14 | — | — | — | 17 | — | — | — | 20 | — | — | — | |
| Setup Time | $t_{SU}$ | 2 | 60 | — | — | — | 75 | — | — | — | 90 | — | — | — | ns |
| | | 4.5 | 12 | — | 12 | — | 15 | — | 15 | — | 18 | — | 18 | — | |
| | | 6 | 10 | — | — | — | 13 | — | — | — | 15 | — | — | — | |
| Hold Time | $t_H$ | 2 | 4 | — | — | — | 4 | — | — | — | 4 | — | — | — | ns |
| | | 4.5 | 4 | — | 4 | — | 4 | — | 4 | — | 4 | — | 4 | — | |
| | | 6 | 4 | — | — | — | 4 | — | — | — | 4 | — | — | — | |
| $\overline{MR}$ to CP Removal Time | $t_{REM}$ | 2 | 80 | — | — | — | 100 | — | — | — | 120 | — | — | — | ns |
| | | 4.5 | 16 | — | 16 | — | 20 | — | 20 | — | 24 | — | 24 | — | |
| | | 6 | 14 | — | — | — | 17 | — | — | — | 20 | — | — | — | |




TERMINAL ASSIGNMENT

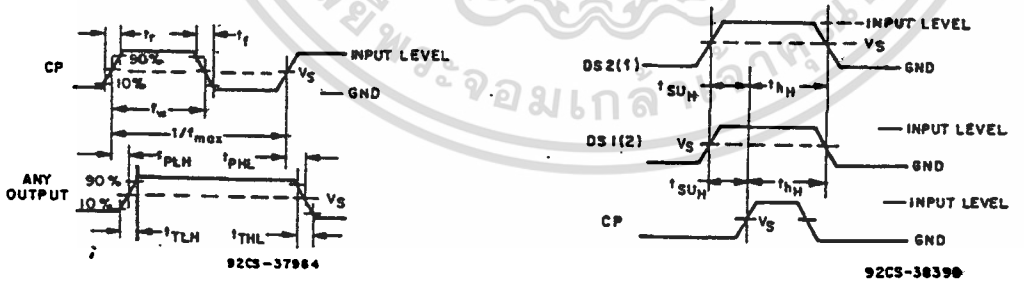


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SWITCHING CHARACTERISTICS ($C_L$=50 pF, Input $t_r$, $t_f$= 6 ns)**

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | $V_{CC}$ | 25°C | | | | -40°C to +85°C | | | | -55°C to +125°C | | | | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | HC | | HCT | | 74HC | | 74HCT | | 54HC | | 54HCT | | |
| | | | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | |
| Propagation Delay, CP to Qo, Qn to Qn+1 | $t_{PLH}$ | 2 | — | 170 | — | — | — | 212 | — | — | — | 255 | — | — | ns |
| | $t_{PHL}$ | 4.5 | — | 34 | — | 36 | — | 43 | — | 45 | — | 51 | — | 54 | |
| | | 6 | — | 29 | — | — | — | 36 | — | — | — | 43 | — | — | |
| $\overline{MR}$ to Qn | $t_{PHL}$ | 2 | — | 140 | — | — | — | 175 | — | — | — | 210 | — | — | ns |
| | | 4.5 | — | 28 | — | 36 | — | 35 | — | 46 | — | 42 | — | 57 | |
| | | 6 | — | 24 | — | — | — | 30 | — | — | — | 36 | — | — | |
| Output Transition Time | $t_{TLH}$ | 2 | — | 75 | — | — | — | 95 | — | — | — | 110 | — | — | ns |
| | $t_{THL}$ | 4.5 | — | 15 | — | 15 | — | 19 | — | 19 | — | 22 | — | 22 | |
| | | 6 | — | 13 | — | — | — | 16 | — | — | — | 19 | — | — | |
| Input Capacitance | $C_I$ | — | — | 10 | — | 10 | — | 10 | — | 10 | — | 10 | — | 10 | pF |

*Transition times, propagation delay times, setup, hold times, and removal times.*




| | 54/74HC | 54/74HCT |
|---|---|---|
| INPUT LEVEL | $V_{CC}$ | 3 V |
| SWITCHING VOLTAGE, $V_S$ | 50% $V_{CC}$ | 1.3 V |





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signetics

# 74HC/HCT00
## Quad 2-Input NAND Gate

*Product Specification*

HCMOS Products

### FEATURES

- Output capability: standard
- $I_{CC}$ category: SSI

### GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT00 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7.

The 74HC/HCT00 provide the 2-input NAND function.

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | TYPICAL | | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | HC | HCT | |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay nA, nB to nY | $C_L$ = 15 pF; $V_{CC}$ = 5 V | 7 | 8 | ns |
| $C_I$ | input capacitance | | 3.5 | 3.5 | pF |
| $C_{PD}$ | power dissipation capacitance per gate | notes 1 and 2 | 22 | 22 | pF |

GND = 0 V; $T_{amb}$ = 25 °C; $t_r = t_f$ = 6 ns

Notes

1. $C_{PD}$ is used to determine the dynamic power dissipation ($P_D$ in µW):
   $P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ where:
   $f_i$ = input frequency in MHz; $C_L$ = output load capacitance in pF
   $f_o$ = output frequency in MHz; $V_{CC}$ = supply voltage in V
   $\Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs
2. For HC the condition is $V_I$ = GND to $V_{CC}$
   For HCT the condition is $V_I$ = GND to $V_{CC}$ − 1.5 V

### ORDERING INFORMATION / PACKAGE OUTLINES

74HC/HCT00N: 14-pin plastic DIP; NH1 package
74HC/HCT00D: 14-pin SO-14; DH1 package

### PIN DESCRIPTION

| PIN NO. | SYMBOL | NAME AND FUNCTION |
|---|---|---|
| 1, 4, 9, 12 | 1A to 4A | data inputs |
| 2, 5, 10, 13 | 1B to 4B | data inputs |
| 3, 6, 8, 11 | 1Y to 4Y | data outputs |
| 7 | GND | ground (0 V) |
| 14 | $V_{CC}$ | positive supply voltage |

7

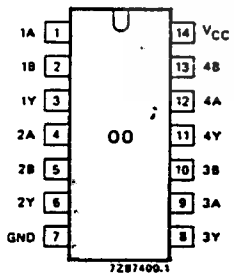



Fig. 1 Pin configuration.

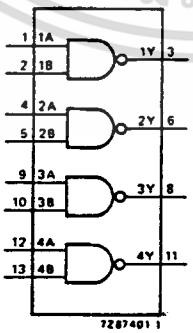



Fig. 2 Logic symbol.

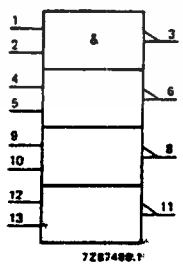



Fig. 3 IEC logic symbol.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

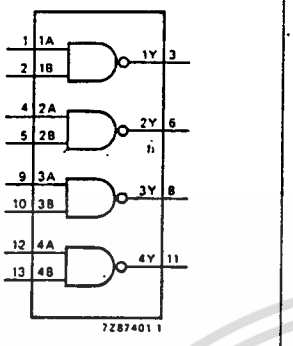



Fig. 4 Functional diagram.

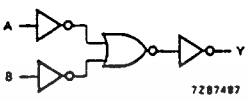



Fig. 5 Logic diagram (one gate).

**FUNCTION TABLE**

| INPUTS | | OUTPUT |
|---|---|---|
| nA | nB | nY |
| L | L | H |
| L | H | H |
| H | L | H |
| H | H | L |

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

## DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see chapter "HCMOS family characteristics", section "Family specifications".

Output capability: standard
$I_{CC}$ category: SSI

## AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; $t_r = t_f$ = 6 ns; $C_L$ = 50 pF

| SYMBOL | PARAMETER | $T_{amb}$ (°C) 74HC +25 min. | +25 typ. | +25 max. | −40 to +85 min. | −40 to +85 max. | −40 to +125 min. | −40 to +125 max. | UNIT | TEST CONDITIONS $V_{CC}$ V | TEST CONDITIONS WAVEFORMS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t_{PHL}$/ $t_{PLH}$ | propagation delay nA, nB to nY | | 25<br>9<br>7 | 90<br>18<br>15 | | 115<br>23<br>20 | | 135<br>27<br>23 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 6 |
| $t_{THL}$/ $t_{TLH}$ | output transition time | | 19<br>7<br>6 | 75<br>15<br>13 | | 95<br>19<br>16 | | 110<br>22<br>19 | ns | 2.0<br>4.5<br>6.0 | Fig. 6 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see chapter "HCMOS family characteristics", section "Family specifications".

Output capability: standard
$I_{CC}$ category: SSI

Note to HCT types

The value of additional quiescent supply current ($\Delta I_{CC}$) for a unit load of 1 is given in the family specifications. To determine $\Delta I_{CC}$ per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

| input | unit load coefficient |
|---|---|
| nA, nB | 2.20 |

## AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

GND = 0 V; $t_r = t_f$ = 6 ns; $C_L$ = 50 pF

| SYMBOL | PARAMETER | $T_{amb}$ (°C) | | | | | | | UNIT | TEST CONDITIONS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 74HCT | | | | | | | | $V_{CC}$ V | WAVEFORMS |
| | | +25 | | | −40 to +85 | | −40 to +125 | | | | |
| | | min. | typ. | max. | min. | max. | min. | max. | | | |
| $t_{PHL}/t_{PLH}$ | propagation delay nA, nB to nY | | 10 | 19 | | 24 | | 29 | ns | 4.5 | Fig. 6 |
| $t_{THL}/t_{TLH}$ | output transition time | | 7 | 15 | | 19 | | 22 | ns | 4.5 | Fig. 6 |

7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC WAVEFORMS

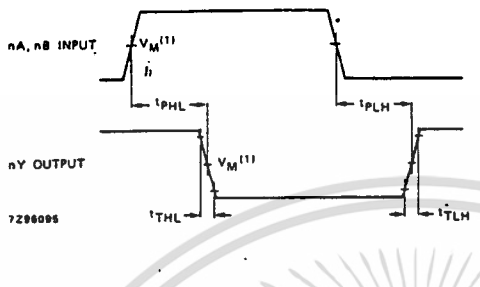



Fig. 6 Waveforms showing the input (nA, nB) to output (nY) propagation delays and the output transition times.

Note to AC waveforms

(1) HC : $V_M$ = 50%; $V_I$ = GND to $V_{CC}$.
HCT: $V_M$ = 1.3 V; $V_I$ = GND to 3 V.

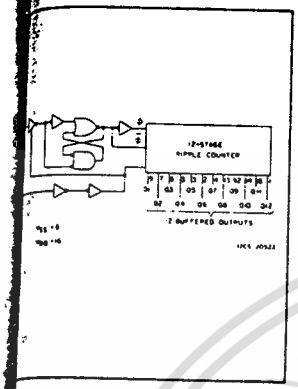


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RCA
Solid State
Division

# Digital Integrated Circuits
Monolithic Silicon

# High-Reliability Slash(/) Series
# CD4040A/...



## High-Reliability COS/MOS 12-Stage Ripple-Carry Binary Counter/Divider

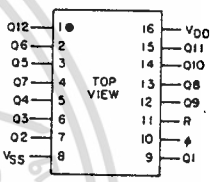
For Logic Systems Applications in Aerospace, Military, and Critical Industrial Equipment

*Features:*

- Medium-speed operation . . . . .5-MHz (typ.) input pulse rate at $V_{DD}-V_{SS}$ = 10V
- Low "high"- and "low"-level output impedance . . . . . 750 Ω (typ.) at $V_{DD}-V_{SS}$ = 10 V and $V_{DS}$ = 0.5 V
- Common reset
- Fully static operation
- All 12 buffered outputs available
- Low-power TTL compatible

*Applications:*

- Frequency-dividing circuits
- Time-delay circuits
- Control counters




TERMINAL ASSIGNMENT
CD4040AD
CD4040AK

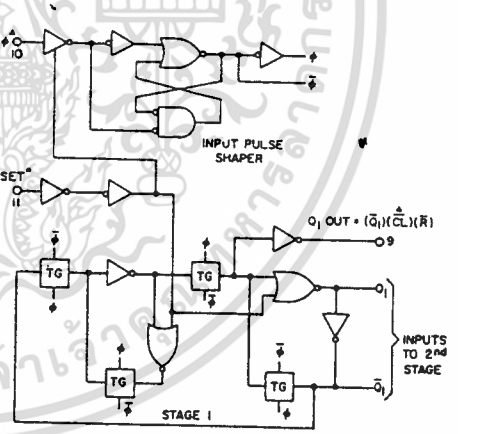
92CS-22901

A CD4040A "Slash" (/) Series are high-reliability COS/S integrated circuits intended for a wide variety of logic ction configurations in aerospace, military, and critical strial equipment. The CD4040A consists of an input- e-shaping circuit and 12 ripple-carry binary counter es. Resetting the counter to the all-0's state is accom- hed by a high-level on the reset line. A master-slave flip- p configuration is utilized for each counter stage. The te of the counter is advanced one step in binary order on negative-going transition of the input pulse. All inputs d outputs are fully buffered.

se devices are electrically and mechanically identical with ndard COS/MOS CD4040A types described in data bulle- 624 and DATABOOK SSD-203 Series, but are specially ocessed and tested to meet the electrical, mechanical, and vironmental test methods and procedures established for croelectronic devices in MIL-STD-883.

packaged types in the CD4040A "Slash" (/) Series can supplied to six screening levels — /1N, /1R, /1, /2, /3, — which correspond to MIL-STD-883 Classes "A", "B", "C". The chip versions of these types can be supplied to e screening levels — /N, /R, and standard chip. *For a de- iption of these screening levels and for detailed informa- on test methods, procedures, and test sequence em- yed with high-reliability COS/MOS devices, refer to h-Reliability Report RIC-102B, "High-Reliability COS/ S CD4000A Slash (/) Series Types".*

a listing of the Screening Level Options available for h packaged devices and chips, and for a description of the




92CM-20748R1

*Fig. 1—Logic diagram of CD4040A input pulse shaper and 1 of 12 stages.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COS/MOS high-reliability integrated circuit part number, see the following page.

The CD4040A "Slash" (/) Series types are supplied in 16-lead dual-in-line ceramic packages ("D" suffix), in 16-lead ceramic packages ("K" suffix), or in chip form ("H" suffix).

**Table I – Available Options Indicated by Check (√) Mark**

| Part Number | Screening Level | | Package: 16-Lead Dual-in-Line Ceramic ("D" Suffix) | Package: 16-Lead Ceramic Flat-Pack ("K" Suffix) |
|---|---|---|---|---|
| Packaged Device | | | | |
| CD4040AK, CD4040AD | Custom | /1N | √ | √ |
| | | /1R | √ | √ |
| | Standard Equivalent to MIL-STD-883, Class "A","B","C" | /1 | √ | √ |
| | | /2 | √ | √ |
| | | /3 | √ | √ |
| | | /4 | √ | √ |
| Chip | | | ("H" Suffix) | |
| CD4040AH | Custom | /N | √ | |
| | | /R | √ | |
| | Standard Chip | | √ | |

**Table II – Description of RCA IC High-Reliability Part N**

Packaged Device, CD4040AD/1N

CD4040A D /1N

| Type Designation | Package Suffix Letter | Screening Level |
|---|---|---|
| | D = Dual-in-Line Ceramic | /1N |
| | K = Ceramic Flat-Pack | /1R |
| | | /1 |
| | | /2 |
| | | /3 |
| | | /4 |

Chip Version, CD4040AH/N

CD4040A H /N

| Type Designation | Package Suffix Letter | Screening Level |
|---|---|---|
| | H = Chip Version | /N |
| | | /R |

MAXIMUM RATINGS, *Absolute-Maximum Values:*

| | |
|---|---|
| Storage-Temperature Range | −65 to +150 °C |
| Operating-Temperature Range | −55 to +125 °C |
| DC Supply-Voltage Range: ($V_{DD} - V_{SS}$) | −0.5 to +15 V |
| Device Dissipation (Per Package) | 200 mW |
| All Inputs | $V_{SS} < V_I < V_{DD}$ |
| Recommended DC Supply-Voltage ($V_{DD} - V_{SS}$) | 3 to 15 V |
| Recommended Input-Voltage Swing | $V_{DD}$ to $V_{SS}$ |
| Lead Temperature (During Soldering) At distance 1/16" ± 1/32" (1.59 ± 0.79 mm) from case for 10 s max. | +265 °C |

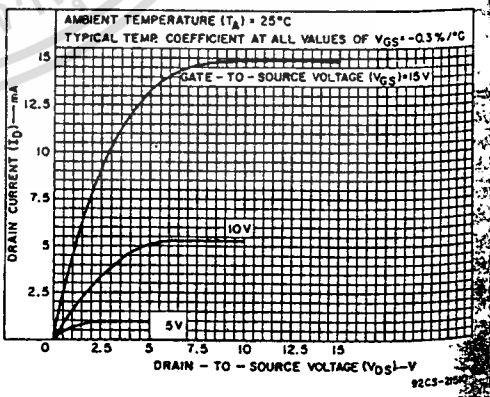



*Fig. 2—Typical n-channel drain characteristics.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS** *(All Inputs... $V_{SS} \leq V_I \leq V_{DD}$) Recommended DC Supply Voltage 3 to 15 V*

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CONDITIONS $V_O$ Volts | TEST CONDITIONS $V_{DD}$ Volts | LIMITS CD4040AD, CD4040AK −55°C Min. | −55°C Typ. | −55°C Max. | 25°C Min. | 25°C Typ. | 25°C Max. | 125°C Min. | 125°C Typ. | 125°C Max. | UNITS | CHARACTERISTIC CURVES & TEST CIRCUITS Fig. No. | NOTES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Quiescent Device Current | $I_L$ | | 5 | – | – | 15 | – | 0.5 | 15 | – | – | 900 | μA | 12 | 1 |
| | | | 10 | – | – | 25● | – | 1 | 25● | – | – | 500● | | | |
| Quiescent Device Dissipation/Package | $P_D$ | | 5 | – | – | 75 | – | 2.5 | 75 | – | – | 4500 | μW | – | – |
| | | | 10 | – | – | 250 | – | 10 | 250 | – | – | 5000 | | | |
| Output Voltage Low-Level | $V_{OL}$ | Fanout of 50 COS/MOS Inputs | 3 | – | – | 0.55● | – | – | 0.5● | – | – | – | V | – | 1 |
| | | | 5 | – | – | 0.01 | – | 0 | 0.01 | – | – | 0.05 | | | |
| | | | 10 | – | – | 0.01 | – | 0 | 0.01 | – | – | 0.05 | | | |
| | | | 15 | – | – | – | – | – | 0.5● | – | – | 0.55● | | | |
| High-Level | $V_{OH}$ | | 3 | 2.25● | – | – | 2.3● | – | – | – | – | – | V | – | 1 |
| | | | 5 | 4.99 | – | – | 4.99 | 5 | – | 4.95 | – | – | | | |
| | | | 10 | 9.99 | – | – | 9.99 | 10 | – | 9.95 | – | – | | | |
| | | | 15 | – | – | – | 14.5● | – | – | 14.45● | – | – | | | |
| Threshold Voltage: N-Channel | $V_{TH}N$ | $I_D$ = −20 μA | | −0.7● | −1.7 | −3● | −0.7● | −1.5 | −3● | −0.3● | −1.3 | −3● | V | – | 2 |
| P-Channel | $V_{TH}P$ | $I_D$ = 20 μA | | 0.7● | 1.7 | 3● | 0.7● | 1.5 | 3● | 0.3● | 1.3 | 3● | | | |
| Noise Immunity (Any Input) | $V_{NL}$ | 0.8 | 5 | 1.5 | – | – | 1.5● | 2.25 | – | 1.4 | – | – | V | 10, 11 | 1 |
| | | 1 | 10 | 3● | – | – | 3● | 4.5 | – | 2.9● | – | – | | | |
| For Definition, See Appendix SSD-207 | $V_{NH}$ | 4.2 | 5 | 1.4 | – | – | 1.5● | 2.25 | – | 1.5 | – | – | V | | |
| | | 9 | 10 | 2.9● | – | – | 3● | 4.5 | – | 3● | – | – | | | |
| Output Drive Current: N-Channel | $I_D N$ | 0.5 | 5 | 0.22 | – | – | 0.18● | 0.36 | – | 0.125 | – | – | mA | 2, 4 | 2 |
| | | 0.5 | 10 | 0.44 | – | – | 0.36● | 0.75 | – | 0.25 | – | – | | | |
| P-Channel | $I_D P$ | 4.5 | 5 | −0.15 | – | – | −0.125● | −0.25 | – | −0.085 | – | – | mA | 3, 5 | 2 |
| | | 9.5 | 10 | −0.3 | – | – | −0.25● | −0.5 | – | −0.175 | – | – | | | |
| Diode Test, 100 μA Test Pin | $V_{DF}$ | | | – | – | 1.5● | – | – | 1.5● | – | – | 1.5● | V | – | 3 |
| Input Current | $I_I$ | | | – | – | – | – | 10 | – | – | – | – | pA | – | – |

Limits with black dot (●) designate 100% testing. Refer to RIC-102B "High-Reliability COS/MOS CD4000A Slash (/) Series Types", Tables 2 through 7 for testing sequence. All other limits are designer's parameters under given test conditions and do not represent 100% testing.

Note 1: Complete functional test, all inputs and outputs to truth table. Note 3: Test on all inputs and outputs.

Note 2: Test is either a one input or one output only.

*For Threshold Voltage Test Circuits, Operating and Biased Life Test Circuits, Output Drive Current Test Circuits, and for Operating Considerations, see Appendix.*

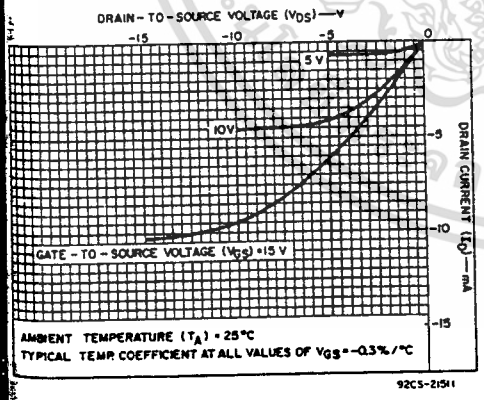



*Fig. 3—Typical p-channel drain characteristics.*

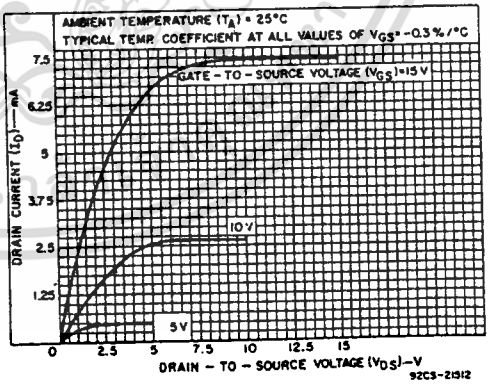



*Fig. 4—Minimum n-channel drain characteristics.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS,** *At $T_A$ = 25°C, $V_{SS}$ = 0V, $C_L$ = 15 pF (unless otherwise specified), and input rise and fall times = 20 ns, except $t_rCL$ and $t_fCL$. Typical Temperature Coefficient for all values of $V_{DD}$ = 0.3%/°C.*

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TEST CONDITIONS | | CD4040AK, AD | | | UNITS | NOTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $V_{DD}$ | Min. | Typ. | Max. | | |
| *Input-Pulse Operation* | | | | | | | | |
| Propagation Delay Time | $t_{PHL}$, $t_{PLH}$ | | 5 | – | 300 | 400 | ns | |
| | | | 10 | – | 150 | 200● | | |
| Transition Time | $t_{THL}$, $t_{TLH}$ | | 5 | – | 150 | 300 | ns | |
| | | | 10 | – | 75 | 150● | | |
| Min. Input-Pulse Width | $t_{WL}$, $t_{WH}$ | f = 100KHz | 5 | – | 200 | 400 | ns | |
| | | | 10 | – | 75 | 110 | | |
| Input-Pulse Rise & Fall Time | $t_{r\phi}$, $t_{f\phi}$ | | 5 | – | – | 15 | μs | |
| | | | 10 | – | – | 7.5● | | |
| Max. Input-Pulse Frequency | $f_\phi$ | | 5 | 1.5 | 1.75 | – | MHz | |
| | | | 10 | 5● | 6 | – | | |
| Input Capacitance | $C_I$ | Any input | | – | 5 | – | pF | |
| *Reset Operation* | | | | | | | | |
| Propagation Delay Time | $t_{PHL}$ | | 5 | – | 500 | 1000 | ns | |
| | | | 10 | – | 250 | 500 | | |
| Minimum Reset Pulse Width | $t_{WH}$ | | 5 | – | 500 | 1000 | ns | |
| | | | 10 | – | 250 | 500 | | |

Limits with black dot (●) designate 100% testing. Refer to RIC-102B "High-Reliability COS/MOS CD4000A Slash (/) Series Types", Tables 2 through 7 for testing sequence. All other limits are designer's parameters under given test conditions and do not represent 100% testing.

NOTES:

1. Measured from the 50% level of the negative clock edge to the 50% level of either the positive or negative edge of the Q1 output (pin 9); or measured from the negative edge of Q1 through Q11 outputs to the positive or negative edge of the next higher output.
2. Maximum input rise or fall time for functional operation.
3. Measured from the positive edge of the reset pulse to the negative edge of any output (Q1 to Q12).
4. Test is a one input one output only.

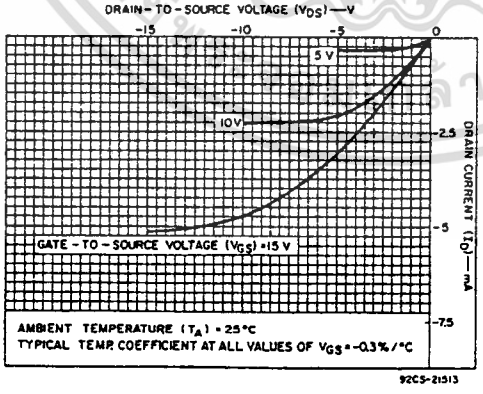



*Fig. 5—Minimum p-channel drain characteristics.*

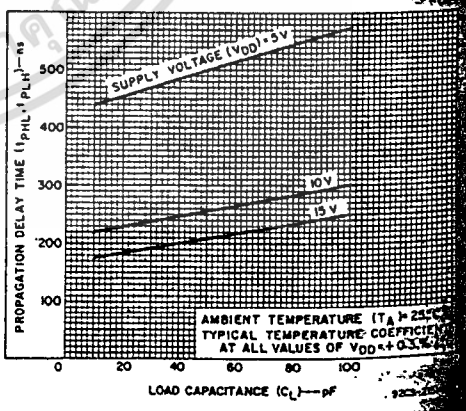



*Fig. 6—Typical propagation delay time vs. load capacitance (per stage).*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

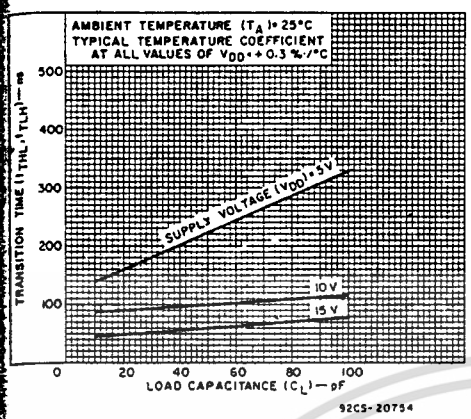



Fig. 7—Typical transition time vs. load capacitance.

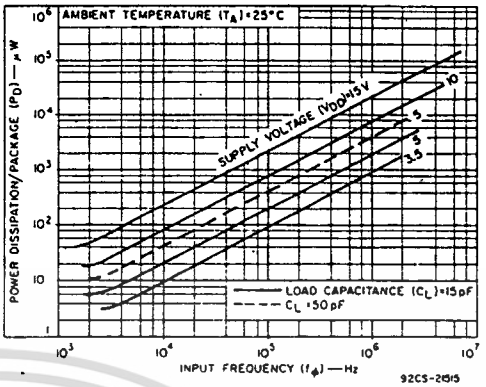



Fig. 8—Typical dissipation characteristics.

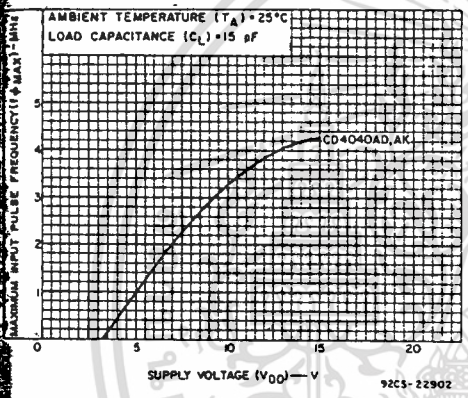



Fig. 9—Maximum input-pulse frequency vs. supply voltage.

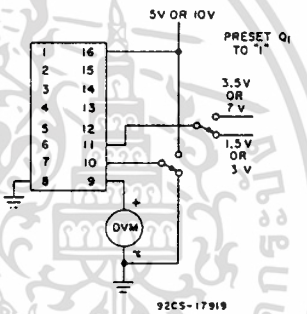



Fig. 10—Reset-noise-immunity test circuit.

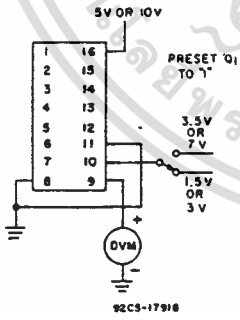



Fig. 11—Input-pulse noise-immunity test circuit.

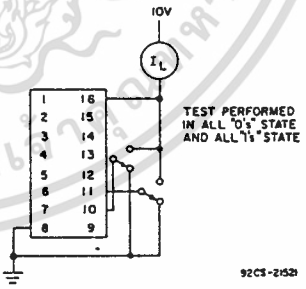



Fig. 12—Quiescent-device-current test circuit.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

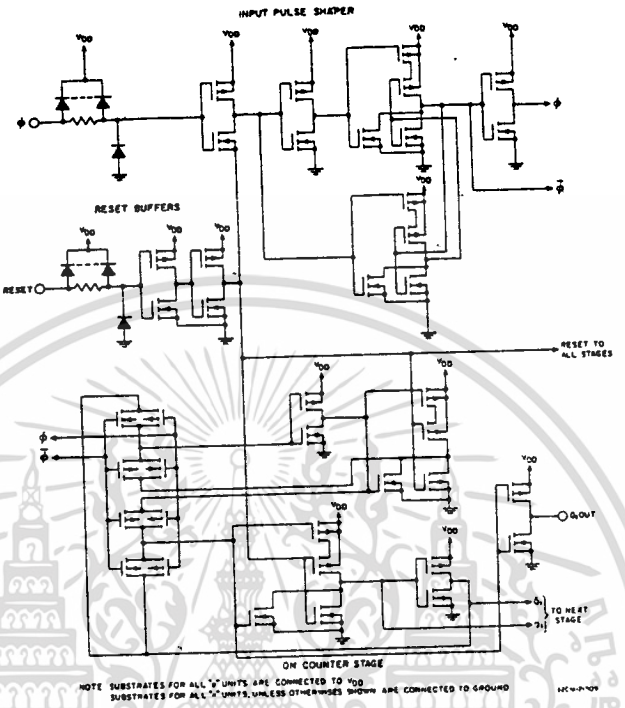


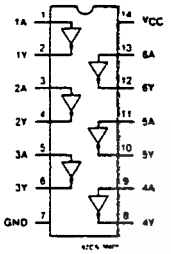

*Fig. 13—Schematic diagram of input shaping, reset buffers, and one counter stage of CD4040A.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# CD54/74HCU04

## High-Speed CMOS Logic




FUNCTIONAL DIAGRAM
AND TERMINAL ASSIGNMENT

## Hex Inverter

**Type Features:**

- *Typical propagation delay=6 ns @ $V_{CC}$=5 V $C_L$=15 pF, $T_A$=25°C, fastest part in QMOS line*
- *Wide operating temperature range: CD74HCU04: −40°C to +85°C*
- *Balanced Propagation Delay and Transition Times*
- *Significant power reduction compared to LSTTL logic ICs*
- *Alternate source is Philips/Signetics*
- *CD54HCU04/CD74HCU04 types: 2 to 6 V operation High noise immunity: $N_{IL}$=20%, $N_{IH}$=30% of $V_{CC}$ @ $V_{CC}$=5 V*
- *CMOS input compatibility $I_I \leq 1\ \mu A$ @ $V_{OL}$, $V_{OH}$*

The RCA-CD54/74HCU04 unbuffered hex inverter utilizes silicon-gate CMOS technology to achieve operating speeds similar to LSTTL gates with the low power consumption of standard CMOS integrated circuits. These devices are especially useful in crystal oscillator and analog applications. Figs. 4 and 5 are supplied as design information for the above applications.

The CD54HCU04 is supplied in 14-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (F suffix). The CD74HCU04 is supplied in 14-lead dual-in-line plastic packages (E suffix). The CD74HCU04 is supplied in 14-lead dual-in-line surface mount plastic packages (M suffix). These types are also available in chip form (H suffix).

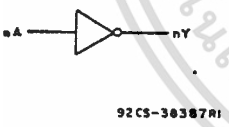



*Fig. 1 - Logic diagram.*

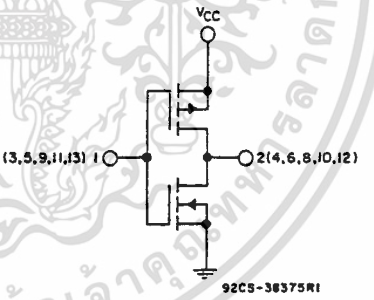



*Fig. 2 - Inverter schematic.*

Trademark(s)®Registered
Marca(s) Registrada(s)

Printed in USA/4-86
*Supersedes issue dated 1-85*

Information furnished by RCA is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by RCA for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of RCA.

File Number **1655**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MAXIMUM RATINGS,** *Absolute-Maximum Values:*

DC SUPPLY-VOLTAGE, ($V_{CC}$):
(Voltages referenced to ground) .....
DC INPUT DIODE CURRENT, $I_{IK}$ (FOR $V_I < -0.5$ V OR $V_I > V_{CC}$ +0.5 V) .....
DC OUTPUT DIODE CURRENT, $I_{OK}$ (FOR $V_O < -0.5$ V OR $V_O > V_{CC}$ +0.5 V) .....
DC DRAIN CURRENT, PER OUTPUT ($I_O$) (FOR −0.5 V < $V_O$ < $V_{CC}$ +0.5 V) .....
DC $V_{CC}$ OR GROUND CURRENT, ($I_{CC}$) .....
POWER DISSIPATION PER PACKAGE ($P_D$):
For $T_A$ = −40 to +60°C (PACKAGE TYPE E) .....
For $T_A$ = +60 to +85°C (PACKAGE TYPE E) .....
For $T_A$ = −55 to +100°C (PACKAGE TYPE F, H) .....
For $T_A$ = +100 to +125°C (PACKAGE TYPE F, H) .....
For $T_A$ = −40 to +70°C (PACKAGE TYPE M) .....
For $T_A$ = +70 to +125°C (PACKAGE TYPE M) .....
OPERATING-TEMPERATURE RANGE ($T_A$):
PACKAGE TYPE F, H .....
PACKAGE TYPE E, M .....
STORAGE TEMPERATURE ($T_{stg}$) .....
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):
At distance 1/16 ± 1/32 in. (1.59 ± 0.79 mm) from case for 10 s max. .....
Unit inserted into a PC Board (min. thickness 1/16 in., 1.59 mm)
with solder contacting lead tips only .....

Derate Linearly at 8 mW/°C to
Derate Linearly at 8 mW/°C to
Derate Linearly at 6 mW/°C to
-55 to
-40 to
-65 to
-265°C
+300°C

**RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS**

**For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:**

| CHARACTERISTIC | LIMITS | | UNITS |
|---|---|---|---|
| | MIN. | MAX. | |
| Supply-Voltage Range (For $T_A$=Full Package Temperature Range) $V_{CC}$:* | 2 | 6 | V |
| DC Input or Output Voltage, $V_I$, $V_O$ | 0 | $V_{CC}$ | V |
| Operating Temperature, $T_A$: | | | |
| CD74 Types | −40 | +85 | °C |
| CD54 Types | −55 | +125 | |
| Input Rise and Fall Times, $t_r$,$t_f$: | | | |
| at 2 V | 0 | 1000 | ns |
| at 4.5 V | 0 | 500 | |
| at 6 V | 0 | 400 | |

*Unless otherwise specified, all voltages are referenced to Ground.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

| CHARACTERISTIC | | TEST CONDITIONS | | | CD54HCU04 CD74HCU04 | | CD74HCU04 | | CD54HCU04 | | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $V_I$ V | $I_O$ mA | $V_{CC}$ V | +25°C | | -40°C to +85°C | | -55°C to +125°C | | |
| | | | | | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | |
| High-Level Input Voltage | $V_{IH}$ | — | — | 2 | 1.7 | — | 1.7 | — | 1.7 | — | V |
| | | — | — | 4.5 | 3.6 | — | 3.6 | — | 3.6 | — | |
| | | — | — | 6 | 4.8 | — | 4.8 | — | 4.8 | — | |
| Low-Level Input Voltage | $V_{IL}$ | — | — | 2 | — | 0.3 | — | 0.3 | — | 0.3 | |
| | | — | — | 4.5 | — | 0.8 | — | 0.8 | — | 0.8 | |
| | | — | — | 6 | — | 1.1 | — | 1.1 | — | 1.1 | |
| High-Level Output Voltage | $V_{OH}$ | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | -0.02 | 2 | 1.8 | — | 1.8 | — | 1.8 | — | |
| | | | | 4.5 | 4 | — | 4 | — | 4 | — | |
| | | | | 6 | 5.5 | — | 5.5 | — | 5.5 | — | |
| | | $V_{CC}$ or Gnd | -4 | 4.5 | 3.98 | — | 3.84 | — | 3.7 | — | |
| | | | -5.2 | 6 | 5.48 | — | 5.34 | — | 5.2 | — | |
| Low-Level Output Voltage | $V_{OL}$ | $V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 0.02 | 2 | — | 0.2 | — | 0.2 | — | 0.2 | |
| | | | | 4.5 | — | 0.5 | — | 0.5 | — | 0.5 | |
| | | | | 6 | — | 0.5 | — | 0.5 | — | 0.5 | |
| | | $V_{CC}$ or Gnd | 4 | 4.5 | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | |
| | | | 5.2 | 6 | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | |
| Input Leakage Current | $I_I$ | $V_{CC}$ or Gnd | — | 6 | — | ±0.1 | — | ±1 | — | ±1 | μA |
| Quiescent Device Current | $I_{CC}$ | $V_{CC}$ or Gnd | 0 | 6 | — | 2 | — | 20 | — | 40 | |

## SWITCHING CHARACTERISTICS ($V_{CC}$ = 5 V, $T_A$ = 25°C, Input $t_r$, $t_f$ = 6 ns)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | TYPICAL VALUES CD54/74U04 | UNITS |
|---|---|---|---|
| Propagation Delay, Data Input to Output Y (Fig. 3) ($C_L$=15 pF) | $t_{PLH}$ $t_{PHL}$ | 5 | ns |
| Power Dissipation Capacitance* | $C_{PD}$ | 14 | pF |

*$C_{PD}$ is used to determine the dynamic power consumption, per inverter when:
$P_D = V_{CC}^2 f_i (C_{PD} + C_L)$ where $f_i$=input frequency
$C_L$=output load capacitance
$V_{CC}$=supply voltage

## SWITCHING CHARACTERISTICS ($C_L$=50 pF, Input $t_r$,$t_f$=6 ns)

| CHARACTERISTIC | SYMBOL | $V_{CC}$ | 25°C CD54/74HCU04 | | -40°C to +85°C CD74HCU04 | | -55°C to +125°C CD54HCU04 | | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | |
| Propagation Delay Input to Output (See Fig. 3) | $t_{PLH}$ | 2 | — | 70 | — | 90 | — | 105 | ns |
| | $t_{PHL}$ | 4.5 | — | 14 | — | 18 | — | 21 | |
| | | 6 | — | 12 | — | 15 | — | 18 | |
| Transition Times (Fig. 3) | $t_{TLH}$ | 2 | — | 75 | — | 95 | — | 110 | |
| | $t_{THL}$ | 4.5 | — | 15 | — | 19 | — | 22 | |
| | | 6 | — | 13 | — | 16 | — | 19 | |
| Input Capacitance | $C_I$ | — | See Fig. 5 | | | | | | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

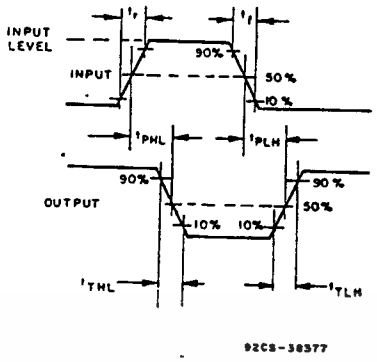



*Fig. 3 - Propagation delay and transition times.*

## DESIGN INFORMATION FOR CRYSTAL OSCILLATOR AND ANALOG APPLICATIONS

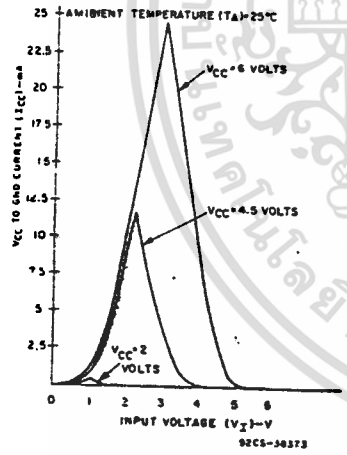



*Fig. 4 - Typical inverter supply current as a function of input voltage.*

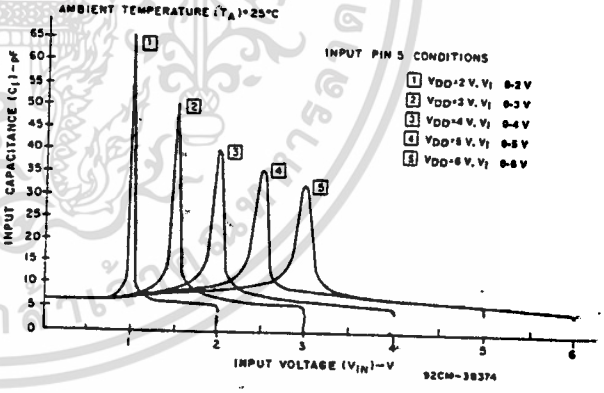



*Fig. 5 - Input capacitance as a function of input voltage.*



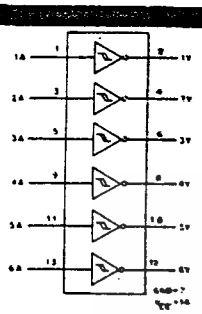
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2)

RCA Solid State

# CD54/74HC14
# CD54/74HCT14

## CMOS High-Speed CMOS Logic



FUNCTIONAL DIAGRAM AND TERMINAL ASSIGNMENT

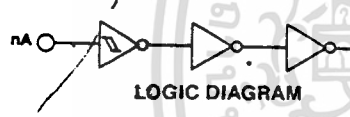
## Hex Inverting Schmitt Trigger

**Type Features:**

- *Unlimited input rise and fall times*
- *Exceptionally high noise immunity*

The RCA-CD54/74HC14 and CD54/74HCT14 each contain four 2-input NAND Schmitt Triggers in one package.

The CD54HC14 and CD54HCT14 are supplied in 14-lead ceramic dual-in-line packages (F suffix). The CD74HC14 and CD74HCT14 are supplied in 14-lead dual-in-line plastic packages (E suffix) and in 14-lead dual-in-line surface mount plastic packages (M suffix). Both devices are also available in chip form (H suffix).




LOGIC DIAGRAM

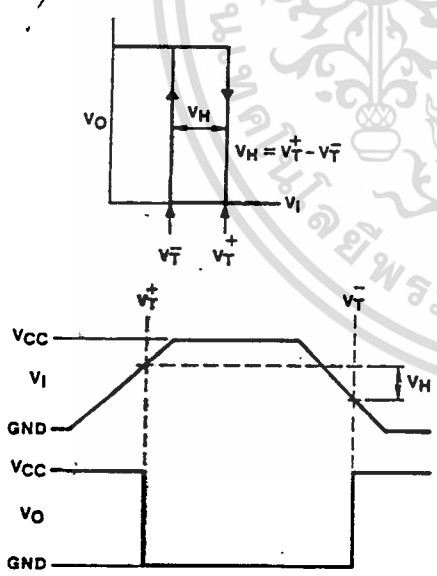



*Fig. 1 - Hysteresis definition, characteristic, and test setup.*

**Family Features:**

- *Fanout (Over Temperature Range):*
  *Standard Outputs - 10 LSTTL Loads*
  *Bus Driver Outputs - 15 LSTTL Loads*
- *Wide Operating Temperature Range:*
  *CD74HC/HCT: -40 to +85° C*
- *Balanced Propagation Delay and Transition Times*
- *Significant Power Reduction Compared to LSTTL Logic ICs*
- *Alternate Source is Philips/Signetics*
- *CD54HC/CD74HC Types:*
  *2 to 6 V Operation*
  *High Noise Immunity:*
  *$N_{IL}$ = 37%, $N_{IH}$ = 51% of $V_{CC}$ @ $V_{CC}$ = 5V*
- *CD54HCT/CD74HCT Types:*
  *4.5 to 5.5 V Operation*
  *Direct LSTTL Input Logic Compatibility*
  *$N_{IL}$ = 18%, $N_{IH}$ = 67% of $V_{CC}$ @ $V_{CC}$ = 4.5V*
  *CMOS Input Compatibility*
  *$I_I \leq 1\ \mu A$ @ $V_{OL}$, $V_{OH}$*

**TRUTH TABLE**

| INPUT | OUTPUT |
|---|---|
| A | Y |
| L | H |
| H | L |

H = High Level
L = Low Level

Trademark(s)® Registered
Marca(s) Registrada(s)
Printed in USA/1-86

Information furnished by RCA is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by RCA for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of RCA.

File Number 1781



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MAXIMUM RATINGS,** *Absolute-Maximum Values:*

DC SUPPLY-VOLTAGE, ($V_{CC}$):
(Voltages referenced to ground) ..... -0.5 to + 7 V
DC INPUT DIODE CURRENT, $I_{IK}$ (FOR $V_I < -0.5$ V OR $V_I > V_{CC}$ +0.5V) ..... ±20mA
DC OUTPUT DIODE CURRENT, $I_{OK}$ (FOR $V_O < -0.5$ V OR $V_O > V_{CC}$ +0.5V) ..... ±20mA
DC DRAIN CURRENT, PER OUTPUT ($I_O$) (FOR $-0.5\ V < V_O < V_{CC} + 0.5V$) ..... ±25mA
DC $V_{CC}$ OR GROUND CURRENT ($I_{CC}$) ..... ±50mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE ($P_D$):
For $T_A$ = -40 to +60°C (PACKAGE TYPE E) ..... 500 mW
For $T_A$ = +60 to +85°C (PACKAGE TYPE E) ..... Derate Linearly at 8 mW/°C to 300 mW
For $T_A$ = -55 to +100°C (PACKAGE TYPE F, H) ..... 500 mW
For $T_A$ = +100 to +125°C (PACKAGE TYPE F, H) ..... Derate Linearly at 8 mW/°C to 300 mW
For $T_A$ = -40 to +70°C (PACKAGE TYPE M) ..... 400 mW
For $T_A$ = +70 to +125°C (PACKAGE TYPE M) ..... Derate Linearly at 6 mW/°C to 70 mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE ($T_A$):
PACKAGE TYPE F, H ..... -55 to +125°C
PACKAGE TYPE E, M ..... -40 to +85°C
STORAGE TEMPERATURE ($T_{stg}$) ..... -65 to +150°C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):
At distance 1/16 ± 1/32 in. (1.59 ± 0.79 mm) from case for 10 s max. ..... +265°C
Unit inserted into a PC Board (min. thickness 1/16 in., 1.59 mm)
with solder contacting lead tips only ..... +300°C

**RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS:**
**For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:**

| CHARACTERISTIC | LIMITS | | UNITS |
|---|---|---|---|
| | MIN. | MAX. | |
| Supply-Voltage Range (For $T_A$ = Full Package-Temperature Range) $V_{CC}$:* | | | |
| CD54/74HC Types | 2 | 6 | V |
| CD54/74HCT Types | 4.5 | 5.5 | V |
| DC Input or Output Voltage $V_I$, $V_O$ | 0 | $V_{CC}$ | V |
| Operating Temperature $T_A$: | | | |
| CD74 Types | -40 | +85 | °C |
| CD54 Types | -55 | +125 | °C |
| Input Rise and Fall Times $t_r$, $t_f$ | | | |
| at 2 V | 0 | Unlimited | ns |
| at 4.5 V | 0 | Unlimited | ns |
| at 6 V | 0 | Unlimited | ns |

*Unless otherwise specified, all voltages are referenced to Ground.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

| CHARACTERISTIC | CD74HC14/CD54HC14 | | | | | | | | | | CD74HCT14/CD54HCT14 | | | | | | | | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TEST CONDITIONS | | | 74HC/54HC TYPES | | 74HC TYPE | | 54HC TYPE | | | TEST CONDITIONS | | 74HCT/54HCT TYPES | | 74HCT TYPE | | 54HCT TYPE | | |
| | $V_I$ V | $I_O$ mA | $V_{CC}$ V | +25°C | | -40/ +85°C | | -55/ +125°C | | | $V_I$ V | $V_{CC}$ V | +25°C | | -40/ +85°C | | -55/ +125°C | | |
| | | | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | | | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | |
| Input Switch Points $V_{T+}$ | | | 2 | 0.7 | 1.5 | 0.7 | 1.5 | 0.7 | 1.5 | | | | — | — | — | — | — | — | |
| | | | 4.5 | 1.7 | 3.15 | 1.7 | 3.15 | 1.7 | 3.15 | | | 4.5 | 1.2 | 1.9 | 1.2 | 1.9 | 1.2 | 1.9 | V |
| | | | 6 | 2.1 | 4.2 | 2.1 | 4.2 | 2.1 | 4.2 | | | 5.5 | 1.4 | 2.1 | 1.4 | 2.1 | 1.4 | 2.1 | |
| $V_{T-}$ | | | 2 | 0.3 | 1 | 0.3 | 1 | 0.3 | 1 | | | | — | — | — | — | — | — | |
| | | | 4.5 | 0.9 | 2.2 | 0.9 | 2.2 | 0.9 | 2.2 | | | 4.5 | 0.5 | 1.2 | 0.5 | 1.2 | 0.5 | 1.2 | V |
| | | | 6 | 1.2 | 3 | 1.2 | 3 | 1.2 | 3 | | | 5.5 | 0.6 | 1.4 | 0.6 | 1.4 | 0.6 | 1.4 | |
| $V_H$ | | | 2 | 0.2 | 1 | 0.2 | 1 | 0.2 | 1 | | | | — | — | — | — | — | — | |
| | | | 4.5 | 0.4 | 1.4 | 0.4 | 1.4 | 0.4 | 1.4 | | | 4.5 | 0.4 | 1.4 | 0.4 | 1.4 | 0.4 | 1.4 | V |
| | | | 6 | 0.6 | 1.6 | 0.6 | 1.6 | 0.6 | 1.6 | | | 5.5 | 0.4 | 1.5 | 0.4 | 1.5 | 0.4 | 1.5 | |
| High-Level Output Voltage $V_{OH}$ CMOS Loads | $V_{T-}$ or $V_{T+}$ | -0.02 | 2 | 1.9 | — | 1.9 | — | 1.9 | — | | $V_{T-}$ or $V_{T+}$ | | — | — | — | — | — | — | |
| | | | 4.5 | 4.4 | — | 4.4 | — | 4.4 | — | | | 4.5 | 4.4 | — | 4.4 | — | 4.4 | — | V |
| | | | 6 | 5.9 | — | 5.9 | — | 5.9 | — | | | | — | — | — | — | — | — | |
| TTL Loads | $V_{T-}$ or $V_{T+}$ | -4 | — | — | — | — | — | — | — | | $V_{T-}$ or $V_{T+}$ | | — | — | — | — | — | — | |
| | | | 4.5 | 3.98 | — | 3.84 | — | 3.7 | — | | | 4.5 | 3.98 | — | 3.84 | — | 3.7 | — | V |
| | | -5.2 | 6 | 5.48 | — | 5.34 | — | 5.2 | — | | | | — | — | — | — | — | — | |
| Low-Level Output Voltage $V_{OL}$ CMOS Loads | $V_{T-}$ or $V_{T+}$ | 0.02 | 2 | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | | $V_{T-}$ or $V_{T+}$ | | — | — | — | — | — | — | |
| | | | 4.5 | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | | | 4.5 | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | V |
| | | | 6 | — | 0.1 | — | 0.1 | — | 0.1 | | | | — | — | — | — | — | — | |
| TTL Loads | $V_{T-}$ or $V_{T+}$ | 4 | — | — | — | — | — | — | — | | $V_{T-}$ or $V_{T+}$ | | — | — | — | — | — | — | |
| | | | 4.5 | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | | | 4.5 | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | V |
| | | 5.2 | 6 | — | 0.26 | — | 0.33 | — | 0.4 | | | | — | — | — | — | — | — | |
| Input Leakage Current $I_I$ | $V_{CC}$ or Gnd | | 6 | — | ±0.1 | — | ±1 | — | ±1 | | Any Voltage Between $V_{CC}$ and Gnd | 5.5 | — | ±0.1 | — | ±1 | — | ±1 | μA |
| Quiescent Device Current $I_{CC}$ | $V_{CC}$ or Gnd | 0 | 6 | — | 2 | — | 20 | — | 40 | | $V_{CC}$ or Gnd | 5.5 | — | 2 | — | 20 | — | 40 | μA |
| Additional Quiescent Device Current per input pin: 1 unit load $\Delta I_{CC}$* | | | | | | | | | | | $V_{CC}$-2.1 | 4.5 to 5.5 | Min — | Typ 100 | Max 360 | — | 450 | — | 490 | μA |

*For dual-supply systems theoretical worst case ($V_I$ = 2.4 V, $V_{CC}$ = 5.5 V) specification is 1.8 mA.

### HCT INPUT LOADING TABLE

| INPUT | UNIT LOADS* |
|---|---|
| nA | 0.6 |

*Unit load is $\Delta I_{CC}$ limit specified in Static Characteristic Chart, e.g., 360 μA max. @ 25°C.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

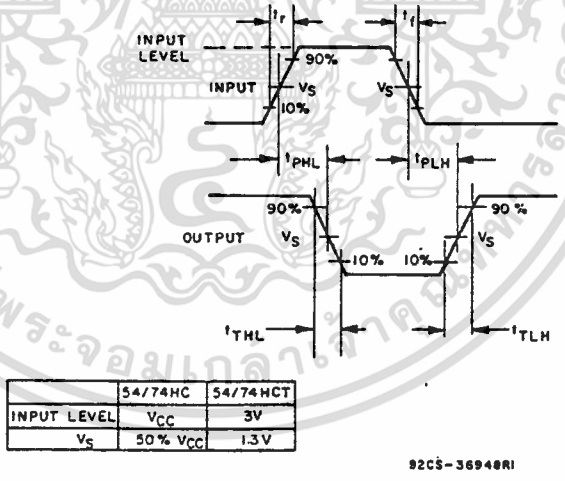
**SWITCHING CHARACTERISTICS ($V_{CC}$ = 5 V, $T_A$ = 25°C, Input $t_r$, $t_f$ = 6 ns)**

| CHARACTERISTIC | | CL (pF) | TYPICAL HC | TYPICAL HCT | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|
| Propagation Delay, A to Y | $t_{PHL}$, $t_{PLH}$ | 15 | 11 | 16 | ns |
| Power Dissipation Capacitance* | $C_{PD}$ | — | 20 | 20 | pF |

*$C_{PD}$ is used to determine the dynamic power consumption, per gate.
$P_D = V_{CC}^2 f_i (C_{PD} + C_L)$ where: $f_i$ = input frequency
$C_L$ = output load capacitance
$V_{CC}$ = supply voltage

**SWITCHING CHARACTERISTICS ($C_L$ = 50 pF, Input $t_r$, $t_f$ = 6 ns)**

| CHARACTERISTIC | | $V_{CC}$ | 25°C HC Min. | 25°C HC Max. | 25°C HCT Min. | 25°C HCT Max. | -40°C to +85°C 74HC Min. | -40°C to +85°C 74HC Max. | -40°C to +85°C 74HCT Min. | -40°C to +85°C 74HCT Max. | -55°C to +125°C 54HC Min. | -55°C to +125°C 54HC Max. | -55°C to +125°C 54HCT Min. | -55°C to +125°C 54HCT Max. | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Propagation Delay, A to Y | $t_{PLH}$ | 2 | — | 135 | — | — | — | 170 | — | — | — | 205 | — | — | ns |
| | $t_{PHL}$ | 4.5 | — | 27 | — | 38 | — | 34 | — | 48 | — | 41 | — | 57 | |
| | | 6 | — | 23 | — | — | — | 29 | — | — | — | 35 | — | — | |
| Output Transition Time | $t_{TLH}$ | 2 | — | 75 | — | — | — | 95 | — | — | — | 110 | — | — | ns |
| | $t_{THL}$ | 4.5 | — | 15 | — | 15 | — | 19 | — | 19 | — | 22 | — | 22 | |
| | | 6 | — | 13 | — | — | — | 16 | — | — | — | 19 | — | — | |
| Input Capacitance | $C_I$ | — | — | 10 | — | 10 | — | 10 | — | 10 | — | 10 | — | 10 | pF |




| | 54/74HC | 54/74HCT |
|---|---|---|
| INPUT LEVEL | $V_{CC}$ | 3V |
| $V_S$ | 50% $V_{CC}$ | 1.3V |

92CS-36948RI

*Fig. 2 - Transition times and propagation delay times.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


1. "คู่มือ/เทียบเบอร์ ไอซี TTL" บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2532.
2. วีรวัฒน์ ปัณฑวังกูร, สราวุฒิ เอ็งอุทัยวัฒน์. "การเขียนโปรแกรมใช้งาน EGA/VGA" สำนักพิมพ์ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2536.
3. Allen L. Wyatt. "Advanced Assembly Language" Que Corporation, 1992.
4. Allen L. Wyatt. "Using Assembly Language" Que Corporation Carmel, Indiana, 1987.
5. Allen L. Wyatt. "Using Assembly Language 2nd Edition" Que Corporation, 1990.
6. Nobuko Kitakawa. "Toransisuta Gijutsu" November, 1992.
7. Richard E. Haskell. "Assembly Language Tutor for the IBM PC and Compatibles" Prentice-Hall Internatiol, 1993.
8. Seymour Lipschutz. "Theory and Problems of Essential Computer Mathematics" McGRAW-Hill Book company, 1982.
9. Steven Holzner and Peter Norton Computing,Inc. "Advanced Assembly Language" Brady, 1991.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้