

4

วงจรตัวอย่าง

ในบทนี้ท่านจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับ

- เริ่มต้นวงจรฝึกหัด
- วาง Part ในวงจร
- เพิ่ม Part Library เข้ามาในระบบ
- การนำสัญลักษณ์มาใช้ (Place Part)
- เคลื่อนย้ายสัญลักษณ์
- การลบสัญลักษณ์
- การใช้บัส
- การทำซ้ำเป็นชุด
- ใส่เส้นสัญญาณ (Place Wire)
- ใส่สัญลักษณ์ซัพพลาย (Place Power Port)
- ใส่สัญลักษณ์ช่องต่อ (Place Port)
- การตั้งชื่อ Net
- การวาดสิ่งที่ไม่เกี่ยวกับทางไฟฟ้า

เริ่มต้นวงจรฝึกหัด

ในหัวข้อต่อไปนี้จะเริ่มเรียนรู้การสร้างวงจรด้วยโปรเทล โดยใช้วงจรตัวอย่างเป็นแม่แบบ ขอให้ดูในภาคผนวกซึ่งมีทั้งวงจรและลายวงจรพิมพ์ เราจะเริ่มสร้างวงจรในบทนี้ก่อน และนำวงจรนี้ใช้ไปตลอดทั้งการ

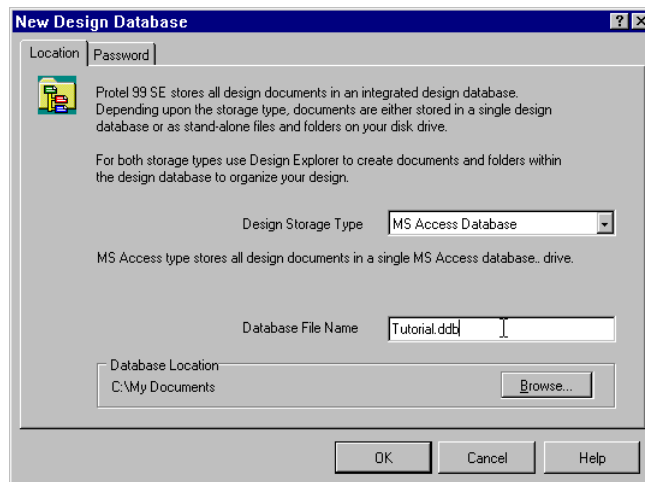
คู่มือ Protel99

เรียนรู้ ขั้นตอนสร้างวงจรเริ่มจากสร้างเอกสารชนิดสเต็มมาติก เริ่มใส่อุปกรณ์และจัดเรียงให้อยู่ในตำแหน่ง ต่อสัญญาณเข้าหากัน โดย Wire และ Bus ตรวจสอบความถูกต้อง และพิมพ์วงจรทางเครื่องพิมพ์

เริ่มต้นสร้างชิ้นงานใหม่ใน Design Explorer

ในขั้นตอนนี้หากยังไม่ได้เริ่มโปรเทลให้เรียกโปรแกรมขึ้นมาก่อน และถ้าเริ่มและแล้วมีชิ้นงานใดเปิดค้าง ให้ปิดเสีย โดยไปเลือกคำสั่ง **File>>Close Design [F,C]**

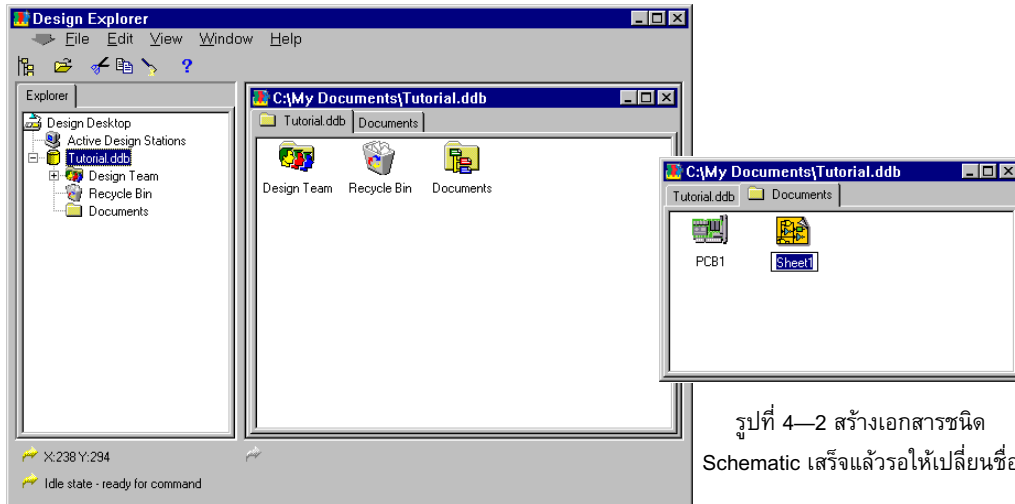
1. ใช้คำสั่ง **File>>New Design [F,N]** จะเห็นรูปที่ 4—1 ปรากฏขึ้นในช่อง *Database File Name* ให้ชื่อไฟล์เข้าไปคือ **“Tutorial.Ddb”** (ถ้าไม่ใส่ตามสกุล Ddb—โปรเทลจะไม่ใส่ให้) ส่วนในช่อง *Database Locations* ระบุตำแหน่งเก็บไฟล์ในฮาร์ดดิสก์ หากต้องการเปลี่ยนเป็นไดเรกทอรีอื่นใช้ปุ่ม **Browse** จากนั้นคลิกที่ปุ่ม **OK** รอสักครู่หนึ่งจะเห็นชิ้นงานใหม่ปรากฏขึ้น



รูปที่ 4—1 เริ่มต้นสร้างชิ้นงานใหม่ (New Design)

ข้อควรระวัง: Protel จะไม่มีการเตือนใดๆ ถ้าใส่ชื่อ **Database File Name** ซ้ำกัน หากใช้ซ้ำกัน ชื่อใหม่จะแทนเก่า และข้อมูลใดๆ ก่อนหน้าจะถูกลบทิ้งทันที

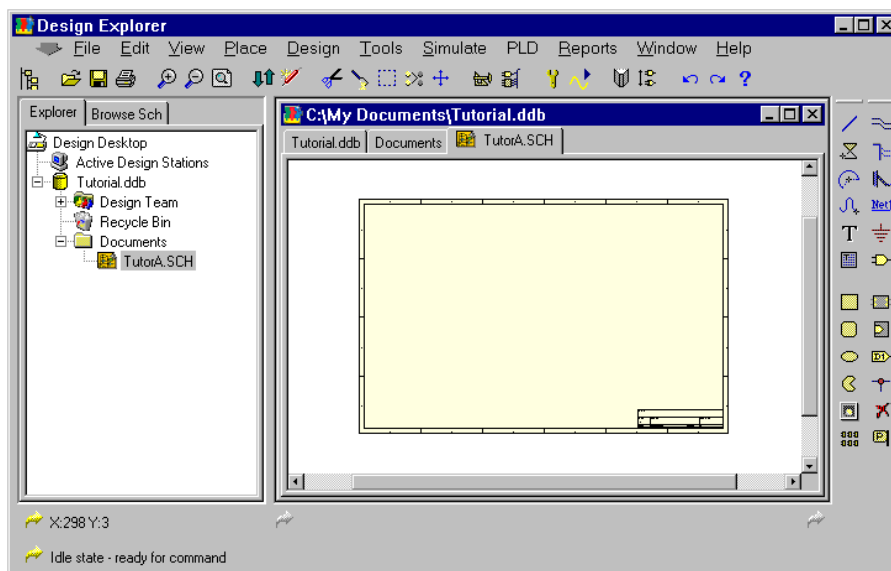
2. โดยทั่วไปครั้งแรกเมื่อสร้าง Design Database ขึ้นมาใหม่ โปรเทลจะกำหนดโครงสร้างชิ้นงานตามรูปที่ 4—3 พร้อมกับสร้างโฟลเดอร์ชื่อ **Documents** ขึ้นมาให้อัตโนมัติ สำหรับการเรียนรู้ จะสร้างชิ้นงานทั้งหมดในโฟลเดอร์นี้ เริ่มต้นให้เปิดโฟลเดอร์โดยเลื่อนเมาส์ไปคลิกที่คำว่า Documents ใน Design Manager (โครงสร้างรูปต้นไม้—ด้านซ้ายมือ) เพียง 1 ครั้ง เรียกเมนูจากเมาส์ปุ่มขวาใน Design Windows(พื้นที่ใช้งาน—ด้านขวามือ) หรือใช้คำสั่ง **File>>New [F,N]** เลือกชนิด Document เป็น **Schematic Document** แล้วคลิก **OK**



รูปที่ 4—2 สร้างเอกสารชนิด Schematic เสร็จแล้วรอให้เปลี่ยนชื่อ

รูปที่ 4—3 เมื่อเริ่มสร้าง Design ขึ้นมาใหม่ๆ

3. โปรเจกต์จะสร้างไอคอนใหม่พร้อมกับรอให้เปลี่ยนชื่อ (ดูรูปที่ 4—2 ประกอบ) ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนชื่อขณะนี้ ถ้าหากต้องการเปลี่ยนชื่อภายหลัง สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง **Edit>>Rename [E,M]** ในที่นี้ให้เปลี่ยนชื่อเป็น **"TutorA.SCH"**

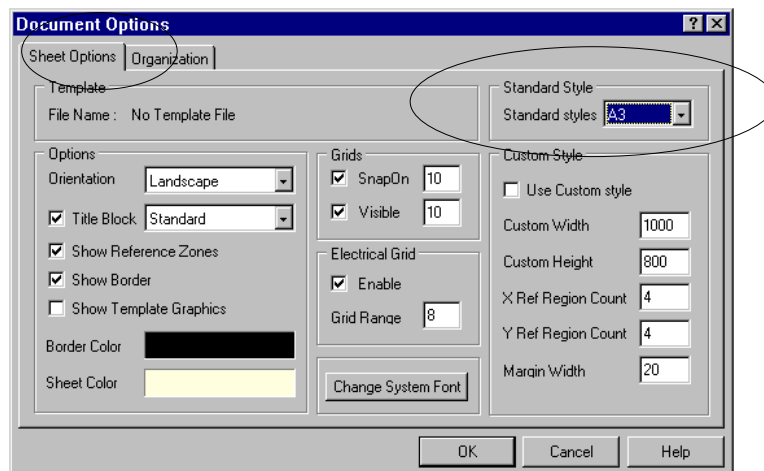


รูปที่ 4—4 เมื่อเข้ามาในวงจร TutorA.SCH

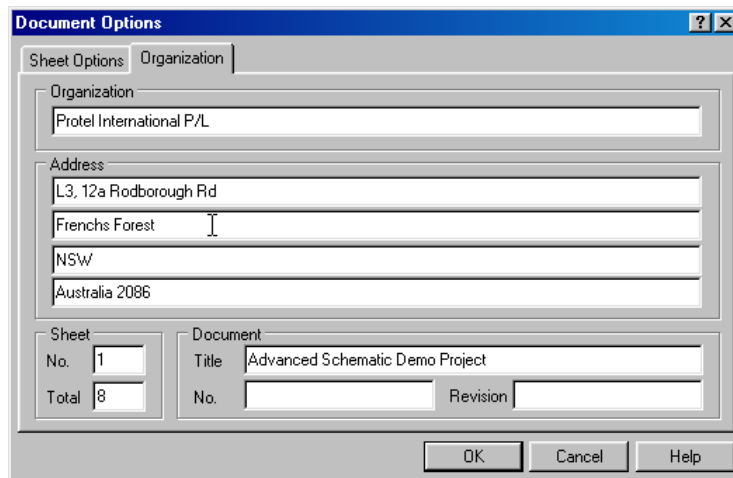
วาง Part ในวงจร

จากตัวอย่างในหัวข้อที่แล้วได้สร้างวงจรใหม่ชื่อ TutorA.SCH ซึ่งเป็นเพียงไอคอน ขึ้นต่อไปจะใส่อุปกรณ์เข้าไปใน TutorA.SCH

1. ให้คลิกเมาส์สองครั้งอย่างรวดเร็ว(ดับเบิลคลิก)ที่ไอคอน TutorA.SCH รอสักครู่หนึ่งจะเห็น กรอบว่างๆ ปรากฏขึ้น กรอบนี้เป็นขอบเขตหรือบริเวณออกแบบวงจร ขนาดกรอบจะกำหนดเป็นมาตรฐาน ดูรูปที่ 4—4
2. ระหว่างเปิดวงจรใช้คำสั่ง **Design>>Option [D,O]** จะเห็นไดอะล็อกบ็อกซ์ปรากฏขึ้นดังรูปที่ 4—5
3. เปลี่ยนในช่อง **Standard Style** เป็น A3 เพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องพิมพ์ที่ใช้งาน เพราะเมื่อสั่งพิมพ์บนกระดาษขนาด A4 โดยย่อส่วนลง 50% ยังคงอ่านได้สะดวก ส่วนช่องอื่นๆเว้นไว้ตามเดิม
4. คลิกที่แถบ **Organization** จากนั้นใส่ข้อมูลตามรูปที่ 4—6 ข้อมูลที่ใส่เข้าไปนี้จะไปปรากฏที่ด้านล่างของกรอบวงจร ซึ่งใช้สำหรับบอกข้อมูลชิ้นงาน ใส่เสร็จแล้วคลิกปุ่ม “OK”

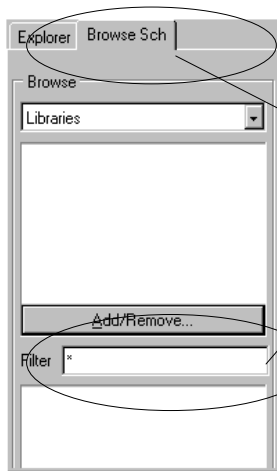


รูปที่ 4—5 กำหนดทางเลือกของวงจร



รูปที่ 4—6 รายละเอียดต่างๆของวงจรที่จะสร้างขึ้น

เพิ่ม Part Library เข้ามาในระบบ



1. คลิกเลือก
Browse Sch

2. คลิกที่ Add/Remove เพื่อ
เพิ่มหรือลด Library

รูปที่ 4—7 เมื่อต้องการเพิ่ม Library เข้าไปในโปรเทล

แบบ PLD และการจำลองการทำงานวงจร ดังนั้นรายชื่อไลบรารีจะต้องเลือกให้ตรงกับการใช้งานด้วย ไลบรารีแต่ละประเภทจะเก็บในไดเรกทอรีต่างกัน ในที่นี่ต้องการสร้างวงจรดังนั้นต้องเลือกไลบรารี สำหรับวงจรหรือ Sch

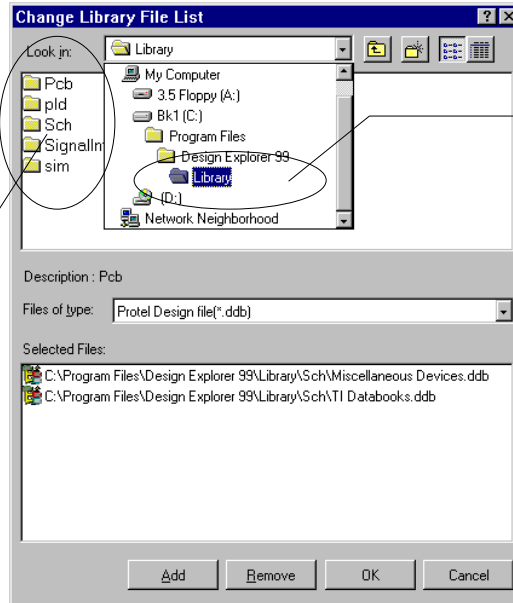
2. ให้เลือกชื่อไลบรารีตามรูปที่ 4—9 จากนั้นคลิกที่ปุ่ม OK เราพร้อมที่จะทำขั้นต่อไปแล้ว

โปรเทลได้เตรียมไลบรารีของ อุปกรณ์ไว้ให้มากมาย ครอบคลุมการใช้งานกว้างขวาง ไลบรารีคือ Design Database ชนิดหนึ่งเก็บไว้ใน ฮาร์ดดิสก์ ก่อนจะนำไลบรารีมาใช้จำเป็นต้องเพิ่มรายชื่อเข้ามาในระบบ ก่อน ขั้นตอนมีดังนี้ ระหว่างกำลังเปิดวงจรให้คลิกที่แถบชื่อ Browse Sch จะเห็นรูปที่ 4—7 ปรากฏขึ้น

1. คลิกที่ปุ่ม **Add/Remove** จะเห็นรูปที่ 4—8 ปรากฏขึ้น เนื่องจากโปรเทลสนับสนุนการใช้งานหลายด้าน เช่นออกแบบ PCB, การออกแบบ

คู่มือ Protel99

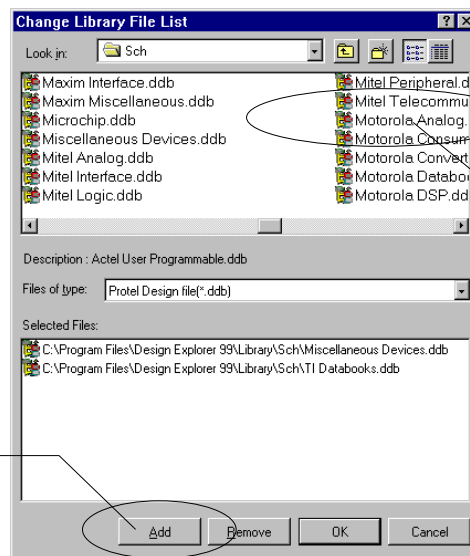
Library ต่าง ๆ ซึ่ง
Protel เตรียมไว้ให้



1. เปลี่ยนมาที่ได
เร็กทอรีนี้ก่อน

รูปที่ 4—8 เลือกไดเร็กทอรีซึ่งเก็บไลบรารีสำหรับสร้างวงจร

3. คลิกที่ปุ่ม Add
เพื่อเพิ่ม

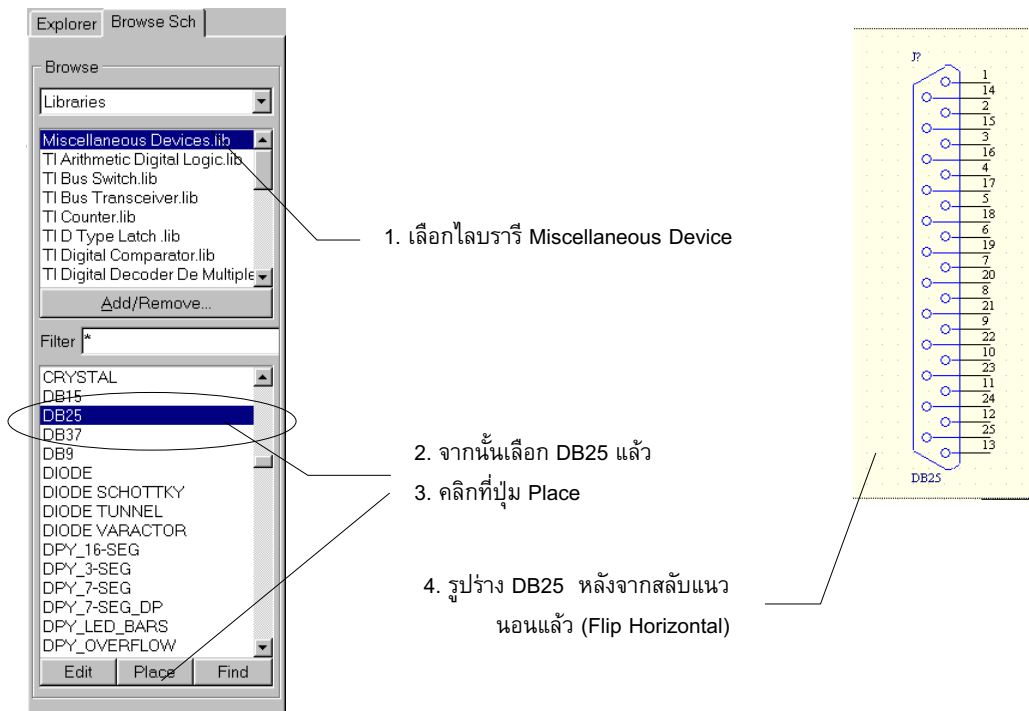


2. คลิกที่ชื่อ
Library

รูปที่ 4—9 เมื่อต้องการเพิ่ม Library ให้คลิกที่ชื่อ Library จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Add

การนำสัญลักษณ์มาใช้ (Place Part)

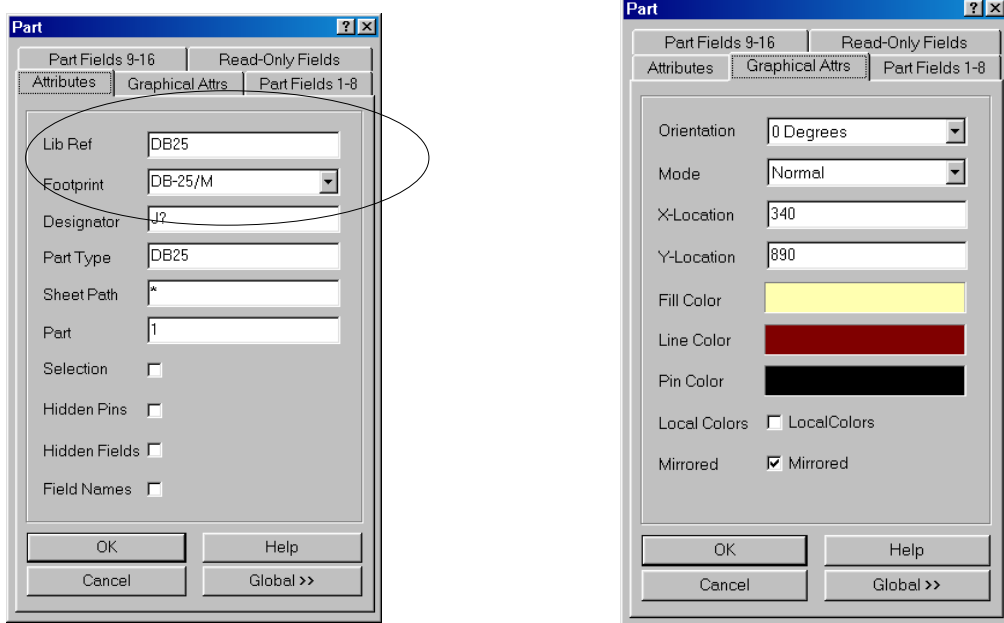
- เมื่อเพิ่มไลบรารีเข้ามาแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะสร้างวงจรให้เหมือนวงจรตัวอย่าง (ดูจากในภาคผนวก) เริ่มแรกจะวาง สัญลักษณ์ Connector ชื่อ **DB25**



รูปที่ 4—10 ขั้นตอนการเลือก Part ที่ต้องการ

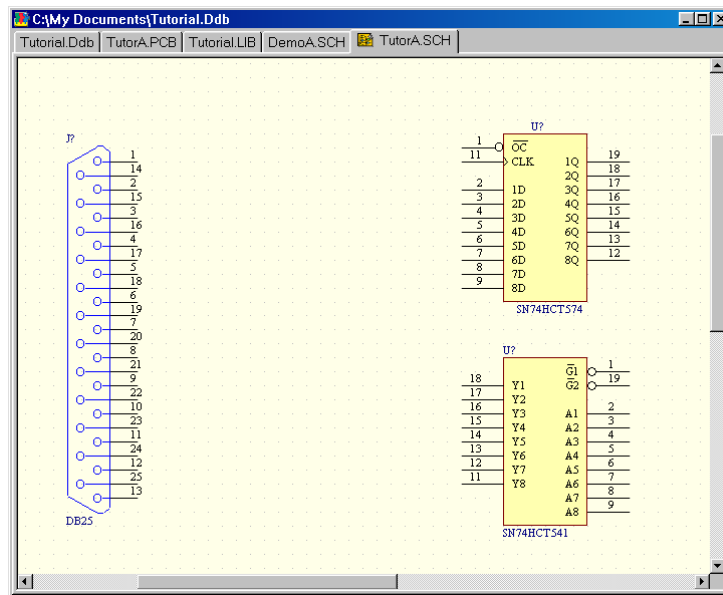
- เลือกชื่อไลบรารีที่มี **DB25** ก่อน โดยเลือกไลบรารีชื่อ **Miscellaneous Device Lib** ในช่อง Filter ใส่ "*" หมายถึงให้แสดงรายชื่ออุปกรณ์ทั้งหมด เลื่อนแถบสว่างในช่องรายชื่ออุปกรณ์มาเรื่อยๆจนพบ "DB25" คลิกที่ชื่อ DB25 เพื่อให้มีแถบเลือกปรากฏ กดปุ่ม **Place** เพื่อนำไปวางในกรอบวงจร
- เมื่อเลื่อนเมาส์ไปมาบนพื้นที่วงจรจะเห็น DB25 ติดอยู่กับเมาส์พร้อมกับแสดงรูปร่างคร่าวๆ จะเห็นว่าทิศทางขาของ DB25 ไม่ตรงกับวงจรตัวอย่าง ให้กดคีย์ **X** เพื่อสลับแกนทางด้านแนวนอน คีย์ **Y** สำหรับสลับแกนด้านแนวตั้ง คีย์ **Space** สำหรับหมุนครึ่งละ 90 องศา เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการคลิกเมาส์ปุ่มซ้ายหนึ่งครั้งเพื่อวางอุปกรณ์ ต่อจากนั้นจะเห็นสัญลักษณ์ DB25 เช่นเดิมปรากฏขึ้นมาที่เคอร์เซอร์ หากต้องการวางตัวที่สองสามารถเลือกตำแหน่งและสั่งวางได้เช่นเดิม เนื่องจากจะวางอุปกรณ์อื่นต่อไป ดังนั้นให้คลิกเมาส์ปุ่มขวาหรือกดคีย์ **ESC** เพื่อยกเลิก

- ระหว่างสัญลักษณ์ติดอยู่กับเมาส์สามารถเรียกคุณสมบัติ (Part Properties) โดยกดคีย์ **TAB** ข้อมูลที่ปรากฏแสดงในรูปที่ 4—11 ถ้าหากวางอุปกรณ์ไปแล้วสามารถเรียกคุณสมบัติอุปกรณ์โดยดับเบิลคลิกที่รูปร่างอุปกรณ์ จะเห็นไดอะล็อกบ็อกซ์ปรากฏขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 4—11 คุณสมบัติของ DB25 ใน Tab ของ Attribute และ Graphic Attribute

- คุณสมบัติที่สำคัญเช่น *Footprint* ซึ่งหมายถึงชื่อรูปร่างเมื่อออกแบบ PCB และ *Designator* คือชื่อสำหรับเรียกอุปกรณ์แต่ละตัวในบอร์ด จะไม่มีซ้ำกันถึงแม้จะเป็นอุปกรณ์ชนิดเดียวกัน
- ใน *Graphic Attribute* แสดงคุณสมบัติทางกราฟิก สามารถเปลี่ยนสีรูปร่างสัญลักษณ์โดยเปลี่ยนในช่อง *Line Color* และ *Pin Color* หรือเปลี่ยนการจัดวาง (*Orientation*) เป็นมุมเช่น 90 องศา เป็นต้น ในขั้นนี้เพียงแต่ดูข้อมูล จะไม่แก้ไขใดๆ
- ต่อไปจะนำ **SN74HCT574** มาวาง ขั้นแรกให้เลือกไลบรารี **TI-High Speed CMOS Device** ทำเช่นเดียวกับ DB25 เลื่อนในช่องชื่อ *Part* เลื่อนไปจนพบ **SN74HCT574** คลิกที่ปุ่ม **Place** นำมาวางบนวงจร จากนั้นเลือก **SN74HCT541** มาวาง อย่าลืมนำต้องสลับทางด้านแนวอนก่อน (Flip Horizontal) สุดท้ายควรจะได้เหมือนรูปที่ 4—12



รูปที่ 4—12 หลังจากวางอุปกรณ์ได้ครบทั้ง 3 ตัว

เคลื่อนย้ายสัญลักษณ์

บางครั้งการวางสัญลักษณ์ไม่สามารถกำหนดตำแหน่งที่ต้องการได้ในครั้งแรก หลังจากวางไปแล้วอาจต้องการเปลี่ยนตำแหน่ง Reference

1. วิธีที่ 1 เมื่อต้องการย้ายตำแหน่งสัญลักษณ์ให้คลิกเมาส์หนึ่งครั้งที่สัญลักษณ์ จะเห็นว่า Part อยู่ในโฟกัส คลิกเมาส์อีกครั้งสัญลักษณ์จะลอยติดเมาส์และเลื่อนไปมาได้ทันที เปลี่ยนไปที่ตำแหน่งที่ต้องการ คลิกเมาส์ปุ่มซ้ายเพื่อวางที่ใหม่ ก่อนจะวางที่ตำแหน่งใหม่สามารถใช้คีย์ **X** (Flip Horizontal), **Y** (Flip Vertical), **PgUp** (Zoom In), **PgDn** (Zoom Out), **Home** (Pan), **End** (Redraw) ได้เช่นเดิม
2. วิธีที่ 2 เมื่อต้องการย้ายตำแหน่งโดยวิธีแทรก(Drag) ให้คลิกเมาส์ที่สัญลักษณ์ที่ต้องการ แต่ไม่ต้องปล่อยเมาส์ ให้กดค้างไว้ ลากไปยังตำแหน่งใหม่ เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการให้ปล่อยเมาส์ สัญลักษณ์จะย้ายมาทันที เช่นกันระหว่างนี้สามารถใช้คีย์เหมือนใน (1)
3. การย้ายด้วยวิธี 1 และ 2 ย้ายอุปกรณ์ได้ครั้งละตัวและเส้นสัญญาณที่ต่ออยู่จะไม่ตามไป
4. สำหรับชื่ออ้างอิง(Reference Designator) (เช่น *J?*, *U?*) และชื่อ Part (เช่น *DB25*, *SN74HCT574*) จะย้ายตำแหน่งพร้อมกับสัญลักษณ์ Part อย่างไรก็ตามเราสามารถย้ายตำแหน่งข้อความเหล่านี้เทียบกับตำแหน่ง Part ได้ด้วยวิธีเดียวกับ (1) และ (2)
5. หากต้องการยกเลิกคำสั่งที่ได้ทำไปแล้วให้เรียกคำสั่ง **Edit>>Undo [E,U]** ใช้ยกเลิกซ้ำได้หลายระดับ

การลบสัญลักษณ์ (Delete Part)

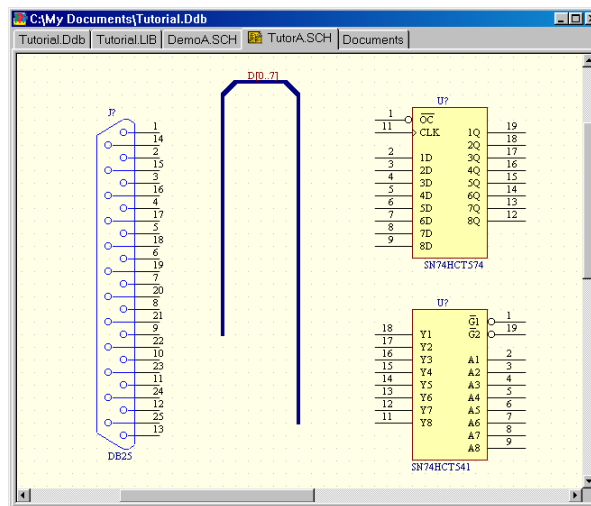
เมื่อต้องการลบสัญลักษณ์ให้ทำดังนี้

- คลิกที่สัญลักษณ์ 1 ครั้งเพื่อให้อยู่ในโฟกัส แล้วกดปุ่ม **DELETE** สัญลักษณ์จะหายไป
- ใช้คำสั่ง **Edit>>Delete [E,D]** จะเห็นเคอร์เซอร์เปลี่ยนเป็นสี่เหลี่ยมใหญ่ หมายความว่าอยู่ในภาวะคำสั่งลบ (Delete Mode) เมื่อเลื่อนไปคลิกที่สัญลักษณ์ใด ตัวนั้นจะถูกลบทันที เลือกลบสัญลักษณ์ตัวต่อไปโดยไม่ต้องเรียกคำสั่งอีกครั้ง หากต้องการยกเลิกภาวะคำสั่งลบให้คลิกเมาส์ปุ่มขวาหรือกดคีย์ **ESC**

การใช้บัส

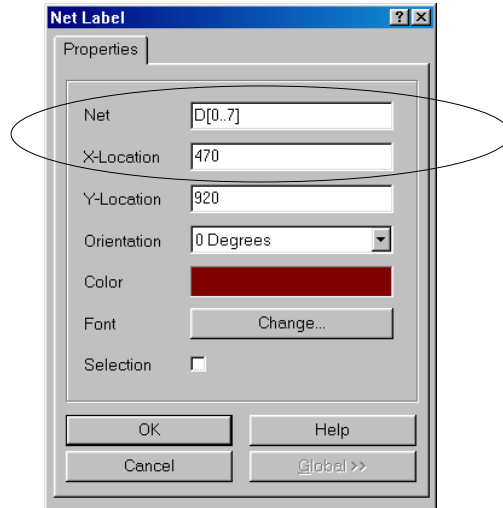
บัส(Bus) คือกลุ่มของสัญญาณจำนวนหนึ่งซึ่งมีชื่อคล้ายกันแต่แยกแยะด้วยเลขนับตามท้าย วิธีสร้างบัสจะใช้คำสั่ง **Place>>Bus [P,B]** จะทดลองสร้างบัสตามวงจรตัวอย่าง เรียกคำสั่งและเลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่ขา 9 ของ DB29 ให้ห่างออกมาทางด้านขวามือพอประมาณ คลิกหนึ่งครั้งเพื่อเริ่มต้น

1. ลากเส้นขึ้นมาตรงๆ ทดลองกดคีย์ **Space** จะเห็นวิธีการวางบัสเปลี่ยนไปดังนี้ *Auto Wire, 45 Degree Start, 45 Degree End, 90 Degree Start, 90 Degree End, Any Angle* สังเกตได้จากที่แถบสถานะด้านล่างจอภาพ
2. เลือกใช้ **45 Degree End** เลื่อนเส้นขึ้นไปตรงๆ คลิกหนึ่งครั้งเพื่อหักมุม ลากไปทางขวาหักมุม ลากลงมาด้านซ้ายมือของ SN74HCT574 และ SN74HCT541 คลิกเมาส์ปุ่มขวาเพื่อจบการเดินเส้น สุดท้ายควรได้เหมือนรูปที่ 4—13



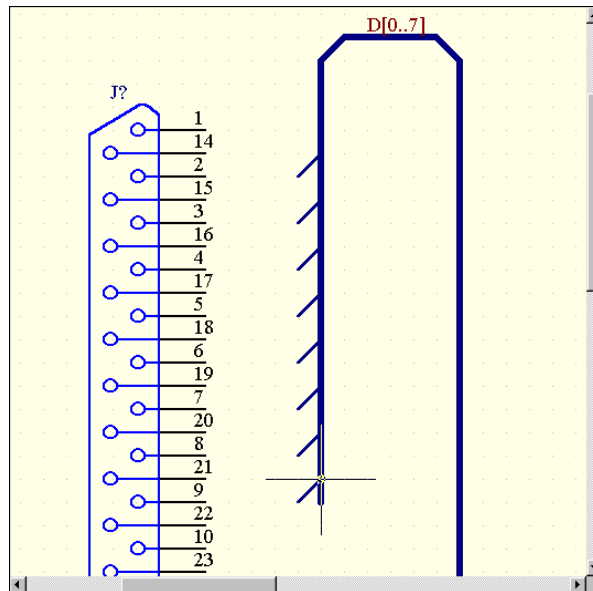
รูปที่ 4—13 เริ่มต้นวาง Bus เป็นแนวสำหรับต่อเส้น (Wire) เข้าหา

3. ใช้คำสั่ง **Place>>Net Label [P,N]** กดคีย์ TAB เพื่อแสดงคุณสมบัติ ใส่ในไดอะล็อกบ็อกซ์ชื่อเน็ตคือ **D[0..7]** เสร็จแล้วคลิกที่ปุ่ม OK เลื่อนไปวางเหนือบัสตำแหน่งบนสุด



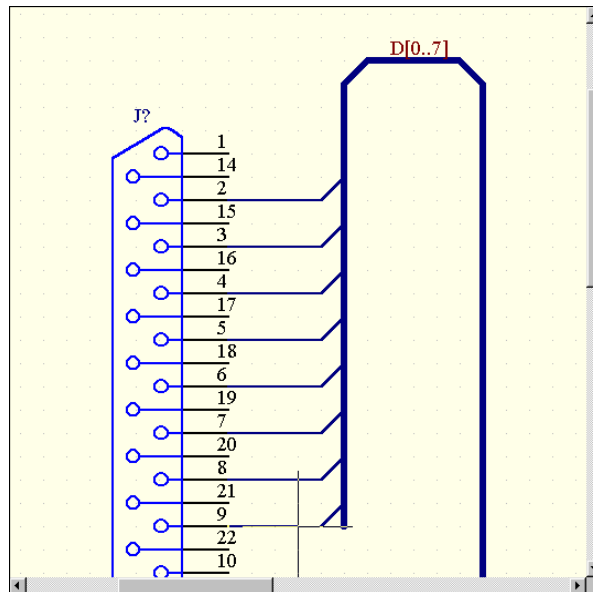
รูปที่ 4—14 คุณสมบัติ Net Label กำหนดชื่อเน็ต

4. ใช้คำสั่ง **Place>>Bus Entry [P,U]** เลื่อนมาใกล้ DB25 ขา 2 หนึ่งของ Bus Entry ให้ตรงตามรูปตัวอย่างแล้ว คลิกเมาส์ซ้ายหนึ่งครั้ง เลื่อนลงมาให้ตรงกับแนวจากขา 3 คลิกใส่จนกระทั่งครบทั้ง 8 ชั้น



รูปที่ 4—15 เมื่อใส่ Bus Entry ครบทั้ง 8 ชุด

- ใช้คำสั่ง **Place>>Wire [P,W]** เลื่อนเมาส์ไปใกล้ขา 2 คลิกเชื่อมระหว่างขา 2 และ Bus Entry เมื่อเสร็จแล้วให้ยกเลิกโดยคลิกปุ่มขวา จะเห็นว่าเคอร์เซอร์ยังอยู่ในภาวะ Place Wire เลื่อนไปใส่ที่ขา 3,4,5..9



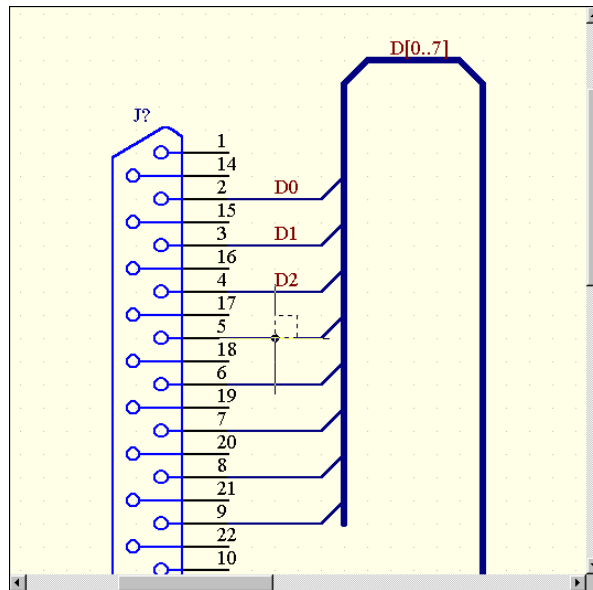
รูปที่ 4—16 เมื่อใส่ Wire เชื่อมระหว่าง Pin และ Bus Entry

- หากมีชิ้นใดทำผิดไป สามารถลบ>Delete) ย้าย(Move) ได้เช่นเดียวกับสัญลักษณ์(Part) โดยคลิกวัตถุที่ต้องการ จากนั้นคลิกอีกครั้งเพื่อย้าย(Move) หรือกดคีย์ Delete เพื่อลบทิ้ง
- ใช้คำสั่ง **Place>>Net Label [P,N]** กดคีย์ **TAB** และกำหนดชื่อเริ่มต้นคือ **D0** เลื่อนไปวางที่เส้นระหว่างขา 2 กับบัส วางเส้นถัดลงมาในแนวเดียวกัน ไม่ต้องเปลี่ยนชื่อเพราะโปรเทลจะเพิ่มให้เป็น **D1,D2,..** อัตโนมัติ (ดูรูปที่ 4—17)

การทำซ้ำเป็นชุด

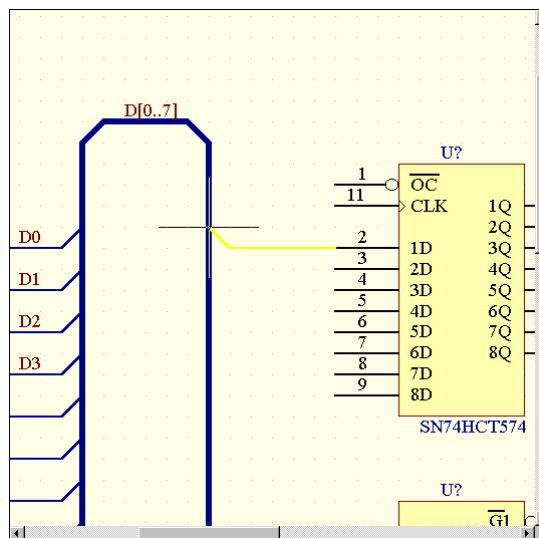
ขั้นต่อไปจะใส่บัสที่ IC SN74HCT574 แต่จะไม่ใช้วิธีในหัวข้อ “การใช้บัส” เราจะใช้วิธีทำซ้ำ

- เลื่อนมาที่บริเวณ SN74HCT574 เริ่มใส่ Bus Entry และ Wire เชื่อมจากขา 2
- จะทดลองใช้คำสั่ง Copy และ Paste Array ก่อนใช้คำสั่งต้องเลือกวัตถุ>Select) ที่ต้องก่อน การเลือกทำโดยกดคีย์ **Shift** ค้างพร้อมกับคลิกที่วัตถุ ในที่นี้ให้คลิกที่ Bus Entry และ Wire เมื่อเลือกแล้วจะเห็นเป็นสีเหลือง



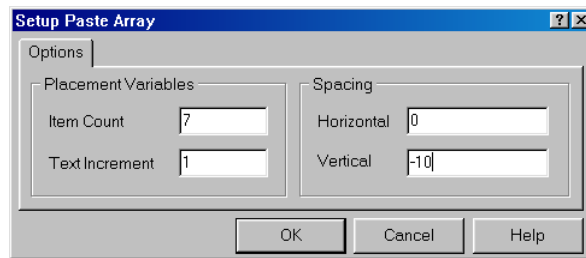
รูปที่ 4—17 ใส่ชื่อ Net Label

3. หากเลือกผิด ใช้คำสั่ง **Edit>>Toggle Selection [E,N]** คลิกที่วัตถุเลือกผิดจะกลับเป็นไม่เลือก หรือใช้คำสั่ง **Edit>>Deselect>>All [X,A]** เพื่อยกเลิกการเลือกทั้งหมดก็ได้เช่นกัน



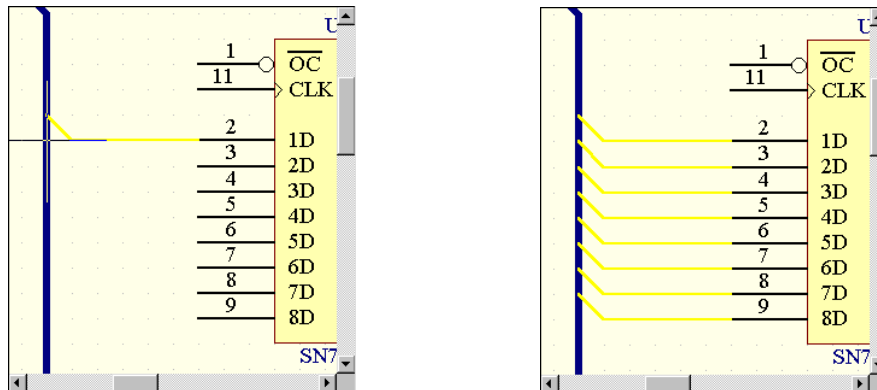
รูปที่ 4—18 หลังจากวาง Bus Entry และ Wire ชุดแรกพร้อมทั้ง Select แล้ว และแสดงจุดอ้างอิง

- ใช้คำสั่ง **Edit>>Copy [E,C]** จะเห็นว่าที่แถบสถานะรอให้เลือกตำแหน่งอ้างอิง หรือจุดสำหรับใช้แทนวัตถุที่ก๊อปปี้เมื่อนำมาวางกลับไปใหม่ การก๊อปปี้นี้โปรเทลจะนำไปเข้า Clipboard (ไม่ใช่ Clipboard ของ Windows นำไป Paste ในโปรแกรมอื่นไม่ได้) ให้เลือกจุดอ้างอิงเหมือนรูปที่ 4—18
- ใช้คำสั่ง **Edit>>Paste Array [E,Y]** ใส่ช่อง *Item Count* คือ 7 เพราะต้องการใส่เพียง 7 ชิ้น ส่วนช่อง *Vertical* ใช้ -10 เพราะใส่จากบนลงมาล่างเสร็จแล้วคลิก OK จะเห็นเคอร์เซอร์เปลี่ยนเป็นกากบาทใหญ่ รอให้เลือกตำแหน่งเริ่มต้น



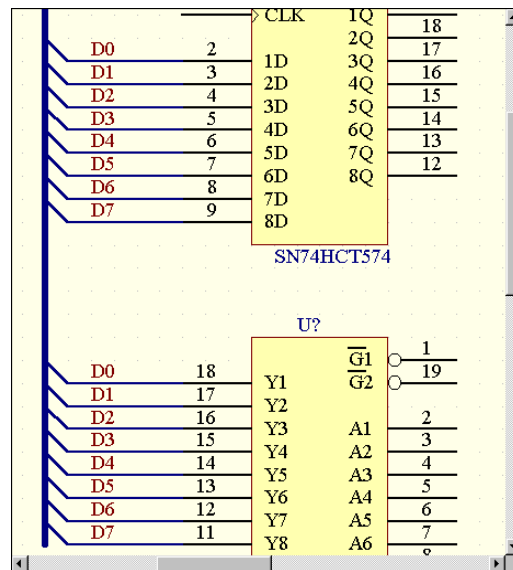
รูปที่ 4—19 ใส่จำนวนและระยะเหลี่ยมสำหรับคำสั่ง Paste Array

- เลื่อนเคอร์เซอร์ลงมาใต้จุดอ้างอิงบนบัส ต่ำลงมาหนึ่งกริด ใช้คีย์ลูกศรลงของคีย์บอร์ดได้เช่นกัน กดเมาส์หนึ่งครั้งโปรเทลจะ Paste Bus ทั้งหมดให้ทันที



รูปที่ 4—20 รูปซ้ายคือเลือกตำแหน่งจะ Paste ส่วนรูปขวาเสร็จแล้ว

- ใช้คำสั่ง **Edit>>Deselect>>All [X,A]** เพื่อยกเลิกการเลือกทั้งหมด เริ่มใส่ Net Label ด้วยคำสั่ง **Place>>Net Label [P,N]** กำหนดชื่อเริ่มต้นโดยคีย์ TAB ใส่ช่อง Net Label เป็น D0 เริ่มใส่จากเส้นบนสุดต่อลงมาจนถึง D7



รูปที่ 4—21 ทดลองใส่ Bus ด้วยวิธี Copy และ Paste Array

8. ทดลองต่อบัสกับ SN74HCT541 ตัวถัดไปจนได้รูปที่ 4—21
9. ใส่ SN74HCT574, SN74HCT541 (U2, U5, U3) ได้จนครบเหมือนวงจรในภาคผนวก ใส่บัสเพิ่มโดยใช้คำสั่ง **Place>>Bus** เริ่มต้นบัสที่จุดสุดท้ายและต่อความยาวไปจนถึง SN74HCT574 ตัวล่างสุด

ใส่เส้นสัญญาณ (Place Wire)

เส้นสัญญาณคือสัญลักษณ์ของสายไฟเชื่อมต่อบหว่างขาอุปกรณ์และขาอุปกรณ์ ตามวงจรตัวอย่าง SN74HCT574 ตัวล่างสุด (U3) ต้องต่อสัญญาณ(Wire) จากขา 19 (U3.19 หมายถึง U3 ขาหมายเลข 19) ไปยัง U1.1 (U1 ขาหมายเลข 1) และ U3.18 ไปยัง U2.1 ใช้คำสั่ง **Place>>Wire [P,W]** จะเห็นเคอร์เซอร์เปลี่ยนเป็นกากบาทใหญ่ เริ่มจากขา U3.19 คลิกเพื่อเริ่มต้น

1. ลากเคอร์เซอร์ออกมาทางขวาเล็กน้อยคลิกหนึ่งครั้งเพื่อหักมุม หากไม่สามารถเดินเส้นเป็นมุม 90 องศา สังเกตดูที่แถบสถานะแสดง *90 Degree Start* หรือ *90 Degree End* หรือไม่ ให้ใช้คีย์ **Space** เพื่อเปลี่ยนภาวะ
2. ทุกครั้งที่หักมุมคลิกเมาส์หนึ่งครั้ง จนกระทั่งเข้าใกล้ U1.1 คลิกที่นั่นเพื่อจบเส้น คลิกเมาส์ปุ่มขวาอีกครั้งยกเลิกเส้นที่วิ่งออกจาก U1.1
3. ระหว่างเดินเส้นสามารถเปลี่ยนทางเลือกใน **Tools>>Preference [T,P]** ในแถบ **Schematic** ช่อง **Option** ตัวเลือก **Auto Junction** จะช่วยให้เดินเส้นได้ง่ายขึ้น เมื่อกำหนดทางเลือกจะทำให้โปรเทล

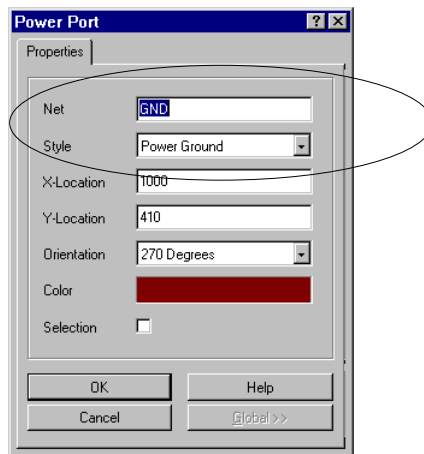
คู่มือ Protel99

ใส่จุดเชื่อมต่อเมื่อเส้นวาดผ่านขาหรือเส้นอื่นๆให้อัตโนมัติ สังเกตดูเมื่อเส้นเข้าไปใกล้ขาจะเห็นวงกลมเล็กๆปรากฏขึ้น แสดงว่าอยู่ในภาวะ Auto Junction

ใส่สัญลักษณ์ชัฟพลาย (Place Power Port)

สัญลักษณ์ชัฟพลายคือตัวแทนแหล่งจ่ายไฟรวมถึงจุดอ้างอิง(Ground) ในโปรเทลมมีสัญลักษณ์ให้ใช้หลายแบบ วิธีเรียกใช้ทำดังนี้

1. สัญลักษณ์ GND และ VCC ใส่โดยคำสั่ง **Place>>Power Port [P,P]** เมื่อเรียกคำสั่งแล้วจะเห็นสัญลักษณ์ปรากฏขึ้น สัญลักษณ์ที่ปรากฏจะเหมือนครั้งก่อนหน้าที่เรียกใช้ หากไม่ใช่สัญลักษณ์ที่ต้องการให้กดคีย์ **TAB**



รูปที่ 4—22 คุณสมบัติของ Power Port

2. ในช่อง *Net* หมายถึงชื่อของเน็ตซึ่งจะต้องเป็นชื่อเดียวกันทั้งหมดในวงจรเพราะโปรเทลมจะเชื่อมชื่อเดียวกันเข้าหากัน ใส่คำว่า **GND** ส่วนช่อง *Style* หมายถึงรูปร่างสัญลักษณ์ที่ต้องการโดยทั่วไปจะแยกสัญลักษณ์ระหว่างเน็ตต่างกัน สำหรับกรณี GND ให้เลือกตามตัวอย่าง
3. นำไปวางใกล้ U3 ดังในวงจรตัวอย่าง จากนั้นใช้คำสั่ง **Place>>Wire [P,W]** เพื่อเชื่อมระหว่าง U3.1 และ GND

ใส่อุปกรณ์ตัวอื่นๆที่เหลือ

อุปกรณ์อื่นๆเพื่อวงจรสมบูรณ์ประกอบด้วย **SN74LS138, 4 HEADER, HEADER16, NPN, RES2, LED**

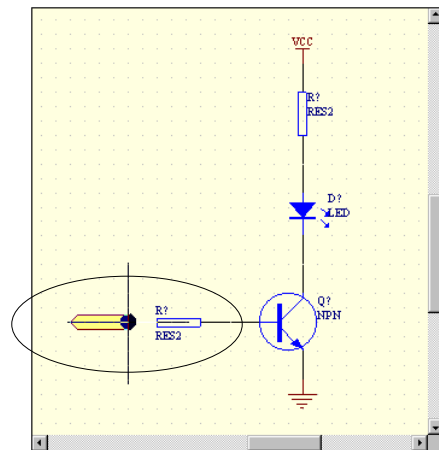
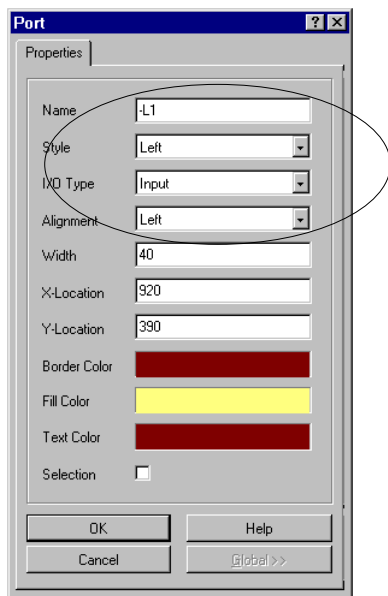
- ใส่ **SN74LS138** ในตำแหน่งตามตัวอย่าง
- ใส่ **4 HEADER** ซึ่งอยู่ใน Miscellaneous Device Lib สำหรับ connector ของ power supply

- ใส่ **HEADER16** ซึ่งอยู่ Miscellaneous Device Lib สำหรับ connector ของ IO Port
- ใส่ **NPN, RES2, LED** ซึ่งเป็นชุดขับ LED ให้ใส่เพียงชุดเดียวก่อน แล้วใช้วิธีก๊อปปี้ 3 ชุดที่เหลือ

ใส่สัญลักษณ์ช่องต่อ (Place Port)

1. สัญลักษณ์ช่องต่อ (Port) ใช้สำหรับเชื่อมระหว่าง Net ที่มีชื่อช่องต่อเดียวกัน แต่ไม่สะดวกที่จะโยงเข้าหากันโดยตรง เช่นเพราะอยู่ห่างกันมากเป็นต้น เราจะใส่ช่องต่อที่ Transistor Q1 ใช้คำสั่ง **Place>>**

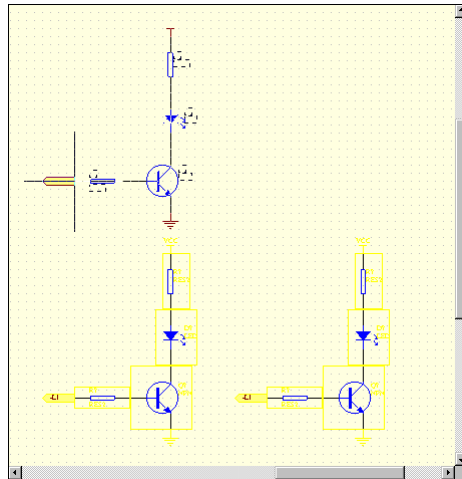
Port [P,R]



รูปที่ 4—23 ใส่ Port ที่ขา B ของ Transistor

2. กดคีย์ TAB เพื่อเปลี่ยน *Name* เป็น “-L1”, *Style* เป็น “Left” หรือ “Right” ส่วน *IO Type* คือชนิดของ Input/Out ให้กำหนดข้อมูลตามรูปที่ 4—23 จากนั้นวางช่องต่อเหมือนในรูปซ้ายมือ คลิกหนึ่งครั้งเพื่อกำหนดเริ่มต้น ลากเมาส์เพื่อกำหนดความยาว คลิกเมาส์อีกครั้งเพื่อจบ
3. ต่อไปจะก๊อปปี้ทั้งกลุ่มเพื่อสร้าง 3 ชุดที่เหลือ เริ่มต้นให้เลือก (Select) โดยวิธีเลือกเป็นบริเวณ คือเลื่อนเมาส์ตำแหน่งเหนือกลุ่มมุมบนซ้าย คลิกเมาส์ค้างแล้วลากลงมาด้านล่างขวา จะเห็นกรอบสี่เหลี่ยมเลื่อนตามมา เมื่อได้จุดที่กรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบอุปกรณ์ทั้งหมด ปล่อยให้เมาส์จะเห็นวัตถุในกรอบถูกเลือกและเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

- ใช้คำสั่ง **Edit>>Copy [E,C]** เลือกตำแหน่งอ้างอิง โดยเลื่อนเมาส์ไปวางในตำแหน่งใด ๆคลิกหนึ่งครั้ง
ใช้คำสั่ง **Edit>>Paste [E,P]** นำวงจรชุดแรกมาวาง การวางจะใช้ตำแหน่งอ้างอิงเมื่อสั่งก๊อปปี้เป็นจุด
เปรียบเทียบ ใช้คำสั่ง **Edit>>Paste [E,P]** อีก 2 ครั้งเพื่อนำวงจรมาอีก 2 ชุด



รูปที่ 4—24 เมื่อนำวงจรขับ LED ซึ่งได้ก๊อปปี้มาวาง 3 ชุด

- เมื่อวางเสร็จแล้ว ให้ยกเลิกการเลือกทั้งหมด ใช้คำสั่ง **Edit>>DeSelect>>All [X,A]**

การตั้งชื่อ Net

โดยทั่วไปเมื่อเชื่อมระหว่างขาอุปกรณ์ด้วยคำสั่ง **Place>>Wire** โปรแกรมจะกำหนดชื่อให้แก่เน็ตนั้นโดยอัตโนมัติ ชื่อนี้เป็นชื่อภายในใช้สำหรับสร้างรายชื่อเน็ต(Netlist) ถ้าหากเดินเส้นระยะสั้น ต่อถึงกันได้โดยตรง มักไม่มีความจำเป็นต้องตั้งชื่อ สำหรับกรณีเดินระหว่างจุดที่อยู่ไกล หรือต้องการตั้งชื่อเพื่อให้เข้าใจการทำงาน เพื่อสื่อความหมาย สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง **Place>>Net Label [P,N]** เมื่อเรียกคำสั่งแล้วกดคีย์ **TAB** กำหนดชื่อจากไดอะล็อกบ็อกซ์คุณสมบัติของ Net Label นำชื่อไปวางเหนือเส้น Wire ที่ต้องการ สังเกตได้ว่าเมื่อเลื่อนชื่อ Net Label ไปใกล้ๆ Wire จะเห็นลักษณะวิ่งเข้าหา(Snap) แสดงเป็นวงกลมสีดำอย่างชัดเจน

การตั้งชื่อเน็ตทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินเส้น Wire เข้าหากัน เพราะโปรแกรมจะเชื่อมเน็ตชื่อเดียวกันไม่ว่าจะอยู่ห่างกันเท่าใด เข้าหากัน การต่อเข้ากับสัญลักษณ์ *Port, Power Port, Bus* ถือเป็นารตั้งชื่อเน็ตเช่นกัน ในบทต่อไปจะเป็นเรื่องการสร้างวงจรชนิดลำดับชั้น(Hierarchy) ซึ่งจะกล่าวถึงเรื่องชื่อเน็ตและขอบเขตการเชื่อมต่อของเน็ตเมื่อข้ามไปมาระหว่างวงจรหลายๆแผ่น

การวาดสิ่งที่ไม่เกี่ยวกับทางไฟฟ้า

ในหัวข้อที่ผ่านมาได้นำ Part, Bus, Net Label มาใช้ สิ่งเหล่านี้เป็นตัวแทนอุปกรณ์จริงๆบน PCB มีผลต่อการเดินลาย PCB อย่างไรก็ตามการสร้างวงจรให้สวยงามและใช้สื่อความหมายได้ดี จะต้องมีส่วนอื่นๆที่ไม่เกี่ยวกับทางไฟฟ้าวาดประกอบเช่น รูปร่างอุปกรณ์ การนับและเรียงขา หมายเลขเอกสาร คำอธิบายวงจร เป็นต้น สิ่งต่างๆเหล่านี้รวมเรียกว่า Drawing Object ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อทำ Documentation เท่านั้นไม่มีผลต่อวงจรไฟฟ้าทั้งสิ้น

Annotation

ใช้สำหรับใส่ข้อความตัวอักษรบรรทัดเดียว ใช้คำสั่ง **Place>>Annotation [P,T]** จะเห็นข้อความปรากฏที่เคอร์เซอร์ เมื่อต้องการเปลี่ยนคุณสมบัติให้กดคีย์ **TAB** จะเห็นไดอะล็อกบ็อกซ์ปรากฏขึ้น ช่อง **Text** สำหรับใส่ข้อความที่ต้องการ สามารถเปลี่ยนสี เปลี่ยนฟอนท์ ได้เช่นกัน เมื่อจะวางข้อความบนตำแหน่งที่ต้องการ คลิกเมาส์ปุ่มซ้ายหนึ่งครั้ง เมื่อวางแล้วจะเห็นข้อความเดิมปรากฏขึ้นที่เคอร์เซอร์อีก สามารถเลื่อนไปวางในตำแหน่งใหม่ได้ หากไม่ต้องการกดเมาส์ปุ่มขวาหรือกดคีย์ **ESC** เพื่อยกเลิก

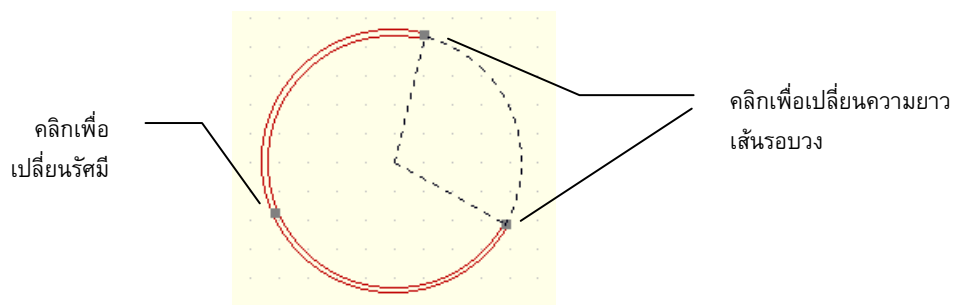
Text Frame

ใช้สำหรับใส่ข้อความตัวอักษรหลายบรรทัด ใช้คำสั่ง **Place>>Text Frame [P,F]** เลื่อนไปวางกรอบข้อความก่อน กรอบข้อความนี้สามารถเปลี่ยนขนาดความกว้างและสูง กดคีย์ **TAB** จะแสดงไดอะล็อกบ็อกซ์คุณสมบัติ เพื่อกำหนดข้อความ เปลี่ยนสี ชนิดของฟอนท์ และอื่นๆ

ในกรณีที่ข้อความมีขนาดยาวสามารถก๊อปปี้ผ่านทาง Clipboard ของ Windows และนำมา Paste ใส่ใน Text Windows

Arc

การใส่เส้นโค้ง (Arc) มีด้วยกัน 4 ขั้นตอนใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Arc [P,D,A]** กำหนด (1) จุดศูนย์กลาง (2) กำหนดรัศมี (3) กำหนดจุดแรกบนเส้นรอบวง (4) กำหนดจุดที่สองบนเส้นรอบวง



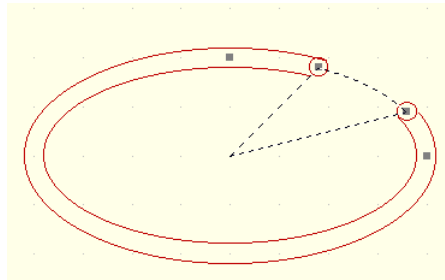
ระหว่างสร้าง Arc สามารถใช้คีย์ **TAB** เพื่อกำหนดคุณสมบัติเช่น ขนาดเส้น, สี เป็นต้น เมื่อสร้าง Arc เสร็จแล้ว หากต้องการเปลี่ยนคุณสมบัติ คลิกที่จุดใดๆบน Arc จะเห็นเครื่องหมายแฮนเดิลอร์ปรากฏขึ้น คลิก

คู่มือ Protel99

แล้วลากที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดึงรูปเพื่อเปลี่ยนแปลงขนาด หากต้องการย้ายตำแหน่งของ Arc ให้คลิกที่ใดก็ได้ ไม่ใช่ตรงแกนเดอลอร์ เลื่อนไปวางในตำแหน่งใหม่

Elliptical Arc

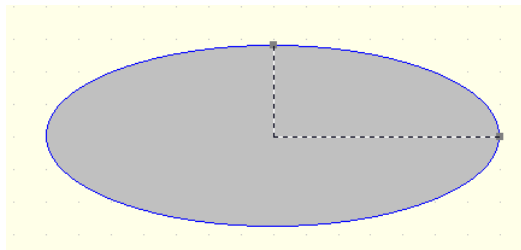
สร้างเส้นโค้งในแนววงรี วิธีการใช้ 5 ขั้นตอนใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Elliptical Arc [P,D,I]** เลื่อนไปกำหนด (1) จุดศูนย์กลาง (2) กำหนดรัศมี X (3) กำหนดรัศมี Y (4) กำหนดจุดเริ่มต้นบนวงรี (5) กำหนดจุดที่สองบนวงรี



ใช้คีย์ TAB เพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติ การแก้ไขเมื่อสร้าง Elliptical Arc เสร็จแล้วทำได้เช่นเดียวกับ Arc

Ellipse

สร้างรูปวงรี ด้วยใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Ellipse [P,D,E]** ขั้นตอนมีทั้งหมด 3 ขั้นตอนคือ (1) กำหนดจุดศูนย์กลาง (2) กำหนดรัศมีด้านแนวนอน (3) กำหนดรัศมีด้านแนวตั้ง



การแก้ไขและกำหนดคุณสมบัติทำได้เช่นเดียวกับ Drawing Object ชนิดอื่นๆ

Pie

การสร้างรูป Pie ใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Pie [P,D,C]** ต้องการขั้นตอน 4 ขั้นตอน (1) กำหนดจุดศูนย์กลาง (2) กำหนดรัศมี (3) กำหนดจุดเริ่มต้นของ Pie (4) กำหนดจุดสุดท้ายของ Pie การแก้ไขและกำหนดคุณสมบัติทำได้เช่นเดียวกับ Drawing Object อื่นๆ

Line

การสร้าง Line หรือเส้นตรงใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Line [P,D,L]** คลิกที่จุดเริ่มต้น จากนั้นคลิกจุดที่สองเพื่อกำหนดช่วงต่อไป ระหว่างวางช่วง(Segment) สามารถเปลี่ยนรูปแบบการวางเส้นโดยกดคีย์ **Space** เช่นเส้นมุม 90, 45 องศาหรือมุมใดๆ เมื่อต้องการกำหนดคุณสมบัติกดคีย์ TAB เช่นสีและขนาดเส้นเป็นต้น เมื่อต้องการสิ้นสุด Line ให้คลิกเมาส์ปุ่มขวาหรือกดคีย์ ESC

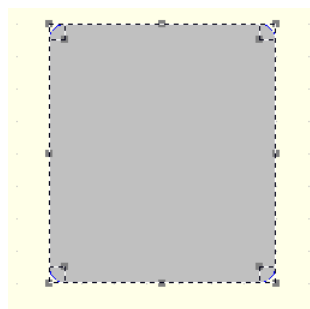
หากต้องการแก้ไข Line ที่สร้างเสร็จไปแล้ว ให้คลิกที่ Line หนึ่งครั้งจะเห็นเครื่องหมายแฮนเดิลอร์ปรากฏขึ้น คลิกที่แฮนเดิลอร์แล้วลากไปที่ตำแหน่งใหม่เพื่อเปลี่ยนความยาว

Rectangle

การสร้างรูปสี่เหลี่ยมใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Rectangle [P,D,R]** คลิกจุดแรกกำหนดมุมเริ่มต้น เลื่อนไปคลิกมุมที่สอง หากต้องการยกเลิกการวาดให้กดคีย์ ESC หรือคลิกเมาส์ขวา ระหว่างสร้างกดคีย์ TAB เพื่อแสดงคุณสมบัติ การกำหนดสีเส้นรอบรูป สีในสี่เหลี่ยม ทำได้ในกรอบนี้ หลังจากวาดเสร็จแล้วและต้องการเปลี่ยนขนาดสี่เหลี่ยม ให้คลิกที่รูปหนึ่งครั้ง คลิกที่แฮนเดิลอร์และลากไปที่ตำแหน่งใหม่ จะเห็นขนาดเปลี่ยนตามไปทันที

Round Rectangle

รูปสี่เหลี่ยมชนิดที่มุมมนใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Round Rectangle [P,D,O]** คลิกจุดแรกกำหนดมุมบนด้านซ้าย เลื่อนไปคลิกอีกครั้งกำหนดมุมล่างด้านขวา กำหนดความมนที่มุมได้จากไดอะล็อกบ็อกซ์คุณสมบัติในช่อง *X-radius* และ *Y-Radius* หรือเปลี่ยนแปลงหลังจากวางเสร็จแล้ว โดยคลิกที่เครื่องหมายแฮนเดิลอร์ ลากไปมาเพื่อเปลี่ยนความมน ความมนทางด้าน X, Y สามารถกำหนดได้แตกต่างกัน



หากต้องการเปลี่ยนขนาดรูปสี่เหลี่ยม คลิกที่แฮนเดิลอร์กลางเส้นรอบรูป ลากไปที่ตำแหน่งที่ต้องการ

Polygon

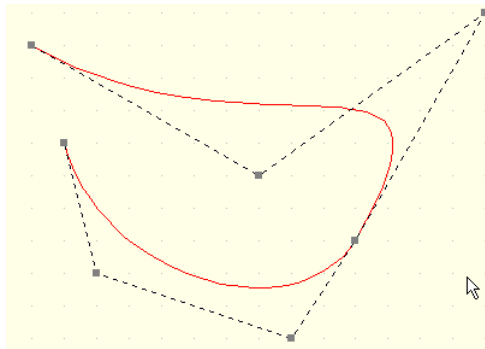
รูปหลายเหลี่ยมใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Polygon [P,D,P]** เลื่อนเมาส์ไปคลิกจุดเริ่มต้น แต่ละครั้งที่คลิก กำหนดมุมของรูปหลายเหลี่ยม เมื่อได้จำนวนมุมตามต้องการคลิกเมาส์ขวาหรือกดคีย์ ESC หากต้องการกำหนดคุณสมบัติเช่น ขนาดเส้นรอบรูป สีภายในรูปหลายเหลี่ยม ให้กดคีย์ TAB ซึ่งจะแสดง

คู่มือ Protel99

ได้อะลือกบ็อกซ์คุณสมบัติ หลังจากสร้างเสร็จหากต้องการเปลี่ยนขนาดทำได้โดยคลิกหนึ่งครั้ง จะเห็นเครื่องหมายแฮนเดิลอร์ปรากฏขึ้น คลิกที่แฮนเดิลอร์แล้วลากเพื่อเปลี่ยนขนาดใหม่

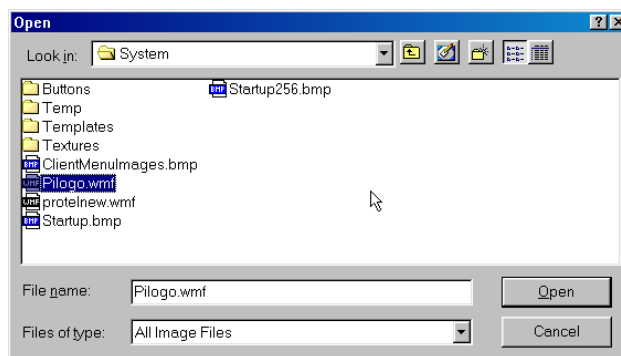
Bezier Curve

เส้นโค้งอิสระหรือ Beizer Curve ใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Bezier Curve [P,D,B]** เลื่อนไปกำหนดจุดตั้งต้น เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่จุดต่อไป การคลิกแต่ละครั้งคือกำหนดเส้นเชื่อมระหว่างจุดหักมุม (Vertex) เส้นโค้งที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับเส้นตรงนี้ การกำหนดคุณสมบัติทำได้โดยกดคีย์ TAB หากต้องการเปลี่ยนขนาด ตำแหน่ง หลังจากสร้างเสร็จแล้ว คลิกที่รูปให้ปรากฏเครื่องหมายแฮนเดิลอร์ คลิกแฮนเดิลอร์แล้วลากไปที่ตำแหน่งใหม่จะเปลี่ยน Vertex และเปลี่ยนความโค้งเส้นโค้งไปด้วย

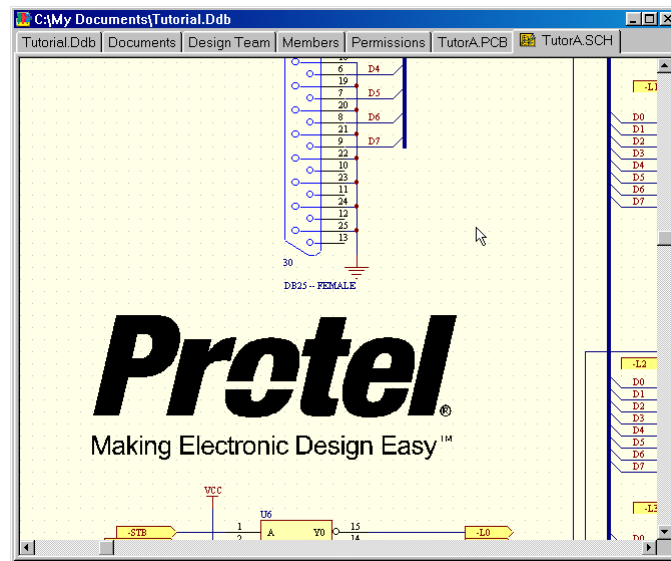


Graphic

ใช้สำหรับนำภาพกราฟิกในรูปแบบต่างๆ เช่น BMP, JPG, WMF มาวางบนชิ้นงาน ใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Graphic [P,D,G]** โปรแกรมจะถามชื่อไฟล์ เลื่อนไปเลือกชื่อไฟล์ที่ต้องการ



รูปที่ 4—25 กำหนดให้ใส่ชื่อไฟล์กราฟิกที่ต้องการนำมาวาง



รูปที่ 4—26 เมื่อเรียกรูปกราฟิกมาวางแล้ว

หากต้องการแก้ไขขนาด,ตำแหน่ง หลังจากวางไปแล้ว ทำได้เช่นเดียวกับ Drawing Object อื่นๆ ในกรอบคุณสมบัติช่อง *XY Ratio 1:1* หมายความว่าต้องการให้รูปภาพคงสัดส่วนทางด้านแนวนอนและตั้งคงเดิมเมื่อเปลี่ยนขนาดไป

สรุป

ในบทนี้เราได้เรียนรู้คำสั่งต่างๆ สำหรับสร้างวงจร เริ่มตั้งแต่กำหนดชนิดกรอบวงจร กำหนดไลบรารี นำสัญลักษณ์อุปกรณ์มาใช้ การเคลื่อนย้าย การลบ การเปลี่ยนคุณสมบัติเช่นสี, ตำแหน่ง, เป็นต้น ขั้นต่อมาคือการใช้บัสเชื่อมระหว่างขาของอุปกรณ์เข้าด้วยกันจัดรูปแบบเป็นวงจรขึ้น ได้เรียนรู้การใช้คำสั่งก็อปปี้ทำซ้ำชุดวงจรซึ่งมีลักษณะซ้ำกัน ช่วยให้การใช้งานสะดวกมากขึ้น