

# 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

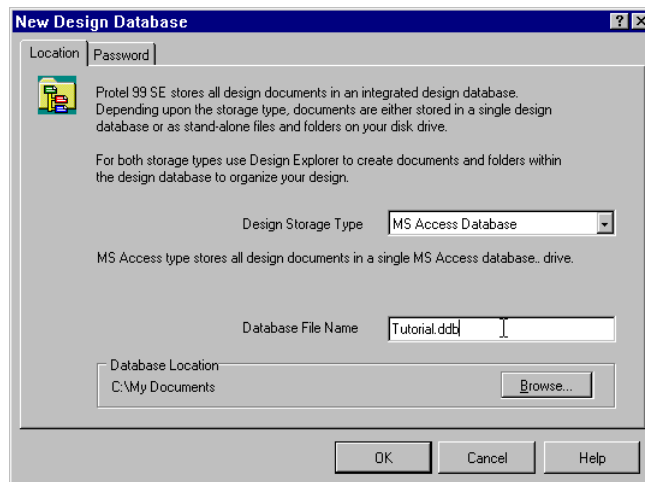
คู่มือ Protel99

เรียนรู้ ขั้นตอนสร้างวงจรเริ่มจากสร้างเอกสารชนิดสเต็มมาติก เริ่มใส่อุปกรณ์และจัดเรียงให้อยู่ในตำแหน่ง  
ต่อสัญญาณเข้าหากัน โดย Wire และ Bus ตรวจสอบความถูกต้อง และพิมพ์วงจรทางเครื่องพิมพ์

เริ่มต้นสร้างชิ้นงานใหม่ใน Design Explorer

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

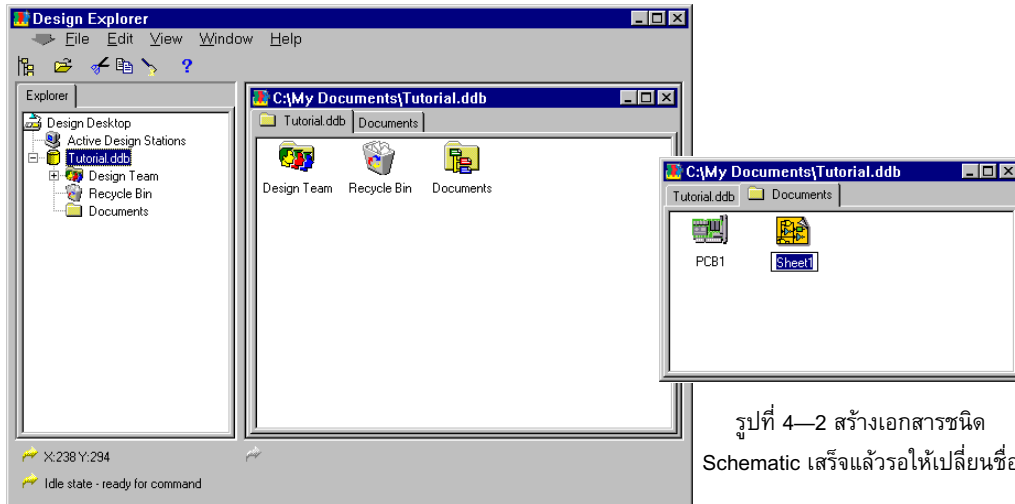
1. ใช้คำสั่ง **File>>New Design [F,N]** จะเห็นรูปที่ 4—1 ปรากฏขึ้นในช่อง *Database File Name* ให้ชื่อ  
ไฟล์เข้าไปคือ **“Tutorial.Ddb”** (ถ้าไม่ใส่ตามสกุล Ddb—โปรเทลจะไม่ใส่ให้) ส่วนในช่อง *Database  
Locations* ระบุตำแหน่งเก็บไฟล์ในฮาร์ดดิสก์ หากต้องการเปลี่ยนเป็นไดเรกทอรีอื่นใช้ปุ่ม **Browse**  
จากนั้นคลิกที่ปุ่ม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



รูปที่ 4—1 เริ่มต้นสร้างชิ้นงานใหม่ (New Design)

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

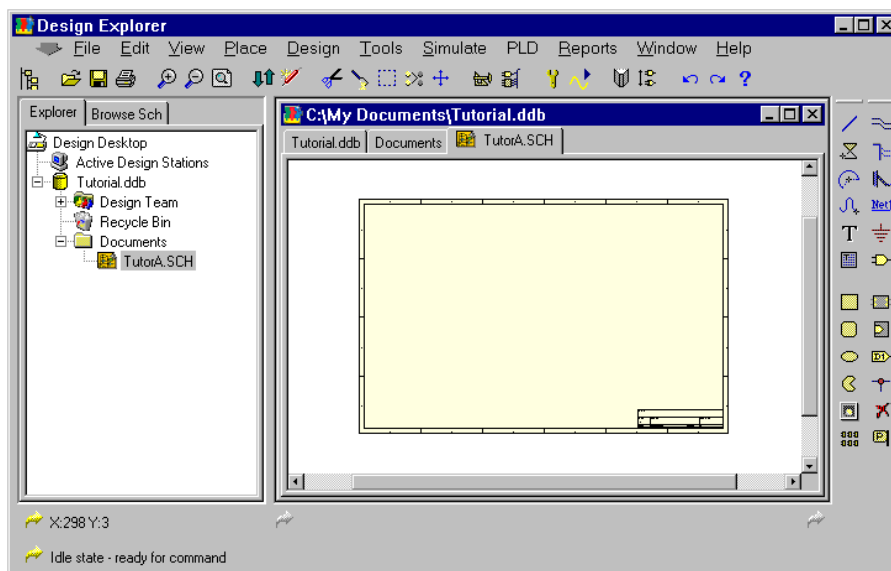
2. โดยทั่วไปครั้งแรกเมื่อสร้าง Design Database ขึ้นมาใหม่ โปรเทลจะกำหนดโครงสร้างชิ้นงานตามรูป  
ที่ 4—3 พร้อมกับสร้างโฟลเดอร์ชื่อ **Documents** ขึ้นมาให้อัตโนมัติ สำหรับการเรียนรู้ จะสร้างชิ้นงาน  
ทั้งหมดในโฟลเดอร์นี้ เริ่มต้นให้เปิดโฟลเดอร์โดยเลื่อนเมาส์ไปคลิกที่คำว่า Documents ใน Design  
Manager (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"**

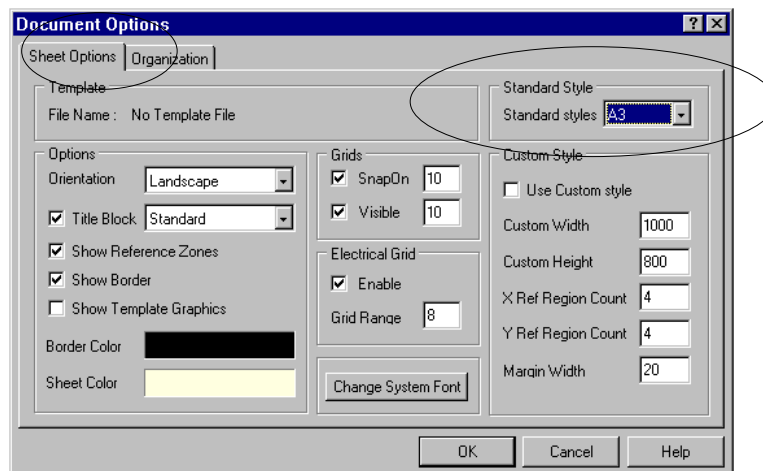


รูปที่ 4—4 เมื่อเข้ามาในวงจร TutorA.SCH

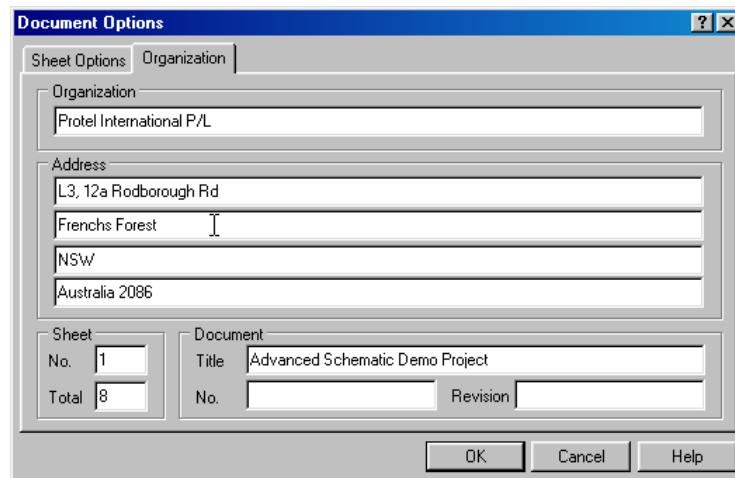
## วาง Part ในวงจร

จากตัวอย่างในหัวข้อที่แล้วได้สร้างวงจรใหม่ชื่อ TutorA.SCH ซึ่งเป็นเพียงไอคอน ขึ้นต่อไปจะใส่อุปกรณ์เข้าไปใน TutorA.SCH

1. ให้คลิกเมาส์สองครั้งอย่างรวดเร็ว(ดับเบิ้ลคลิก)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”

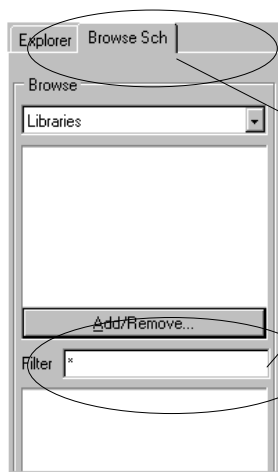


รูปที่ 4—5 กำหนดทางเลือกของวงจร



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

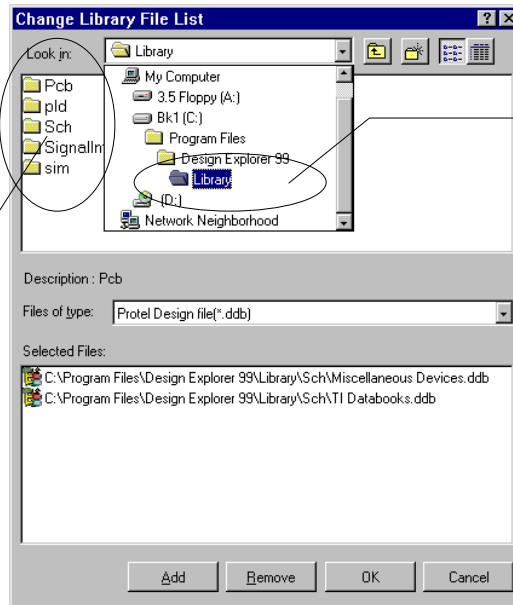
2. ให้เลือกชื่อไลบรารีตามรูปที่ 4—9 จากนั้นคลิกที่ปุ่ม OK เราพร้อมที่จะทำขั้นต่อไปแล้ว

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

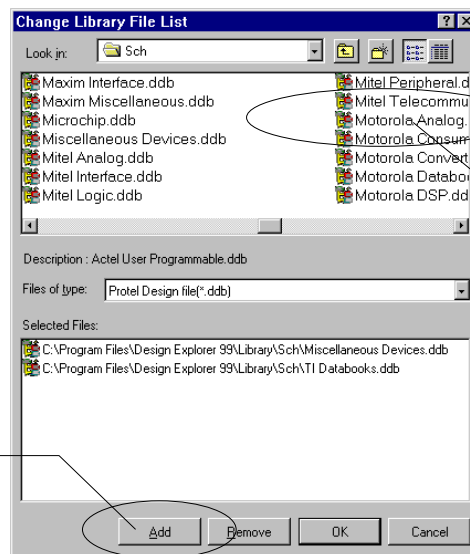
Library ต่าง ๆ ซึ่ง  
Protel เตรียมไว้ให้



1. เปลี่ยนมาที่ได  
เร็กทอรีนี้ก่อน

รูปที่ 4—8 เลือกไดเร็กทอรีซึ่งเก็บไลบรารีสำหรับสร้างวงจร

3. คลิกที่ปุ่ม Add  
เพื่อเพิ่ม

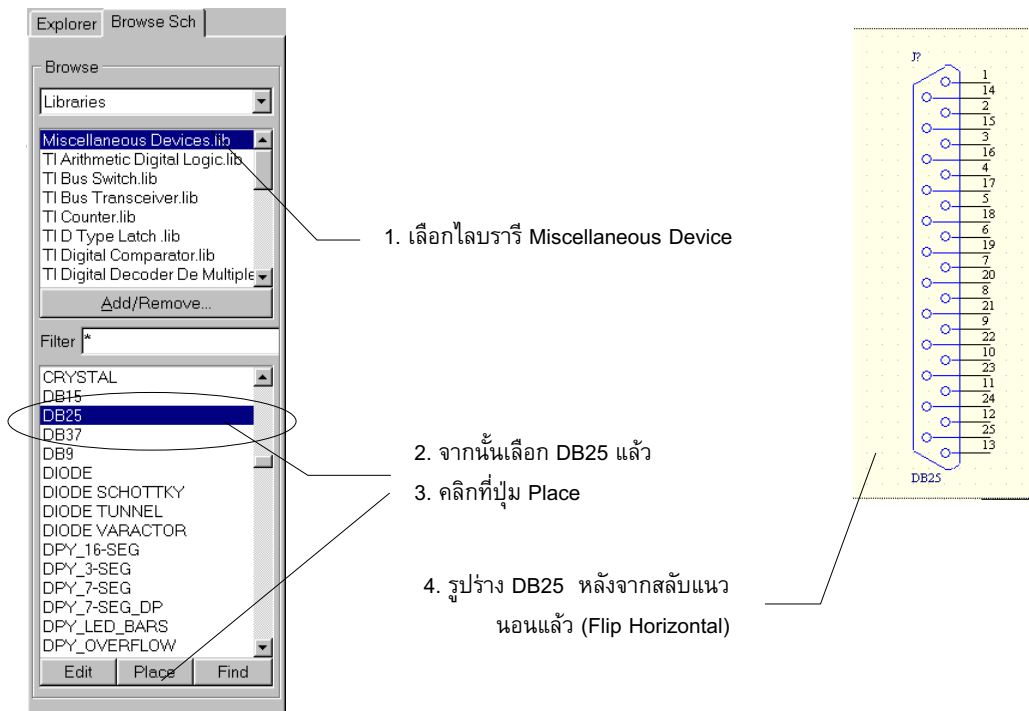


2. คลิกที่ชื่อ  
Library

รูปที่ 4—9 เมื่อต้องการเพิ่ม Library ให้คลิกที่ชื่อ Library จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Add

## การนำสัญลักษณ์มาใช้ (Place Part)

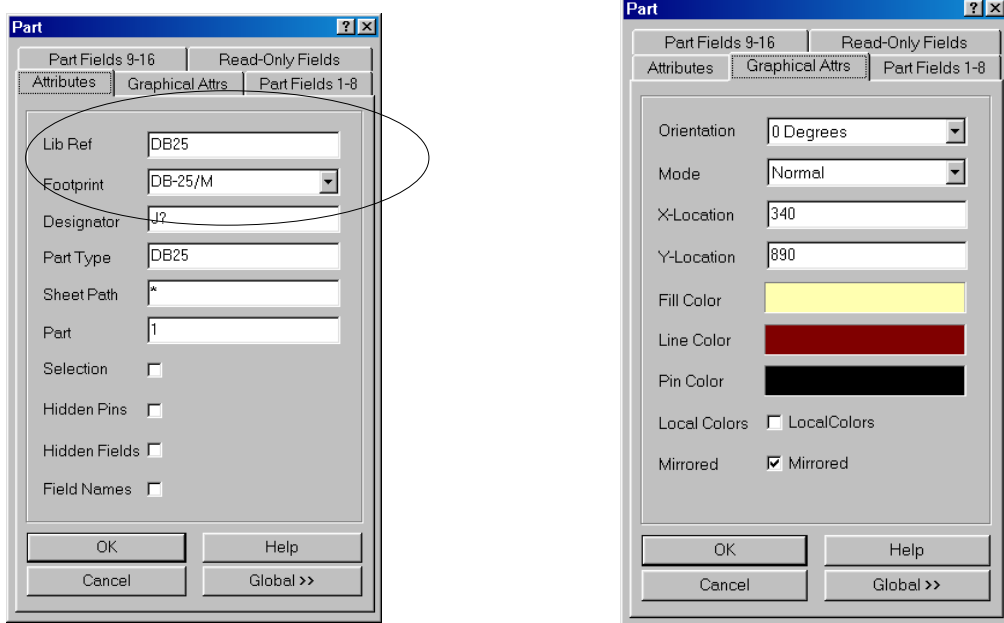
- เมื่อเพิ่มไลบรารีเข้ามาแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะสร้างวงจรให้เหมือนวงจรตัวอย่าง (ดูจากในภาคผนวก) เริ่มแรกจะวาง สัญลักษณ์ Connector ชื่อ **DB25**



รูปที่ 4—10 ขั้นตอนการเลือก Part ที่ต้องการ

- เลือกชื่อไลบรารีที่มี **DB25** ก่อน โดยเลือกไลบรารีชื่อ **Miscellaneous Device Lib** ในช่อง *Filter* ใส่ **“\*”** หมายถึงให้แสดงรายชื่ออุปกรณ์ทั้งหมด เลื่อนแถบสว่างในช่องรายชื่ออุปกรณ์มาเรื่อยๆ จนพบ **“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

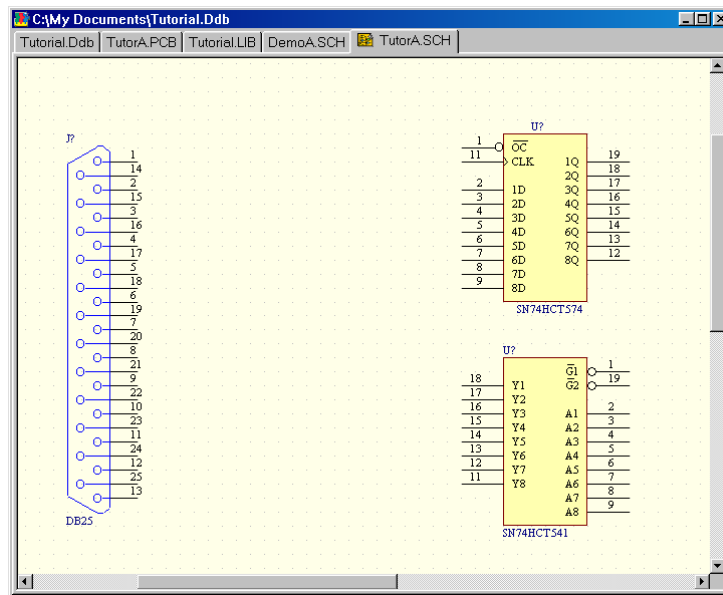
- ระหว่างสัญลักษณ์ติดอยู่กับเมาส์สามารถเรียกคุณสมบัติ (Part Properties) โดยกดคีย์ **TAB** ข้อมูลที่ปรากฏแสดงในรูปที่ 4—11 ถ้าหากวางอุปกรณ์ไปแล้วสามารถเรียกคุณสมบัติอุปกรณ์โดยดับเบิลคลิกที่รูปร่างอุปกรณ์ จะเห็นไดอะล็อกบ็อกซ์ปรากฏขึ้นเช่นกัน



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 อยู่ในโพกัส 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)

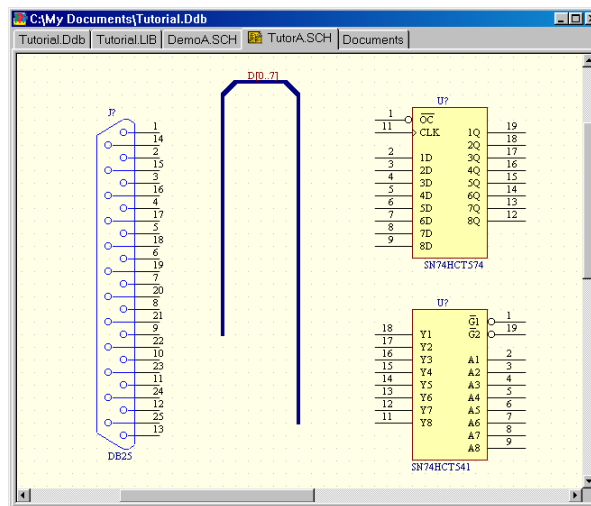
เมื่อต้องการลบสัญลักษณ์ให้ทำดังนี้

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

## การใช้บัส

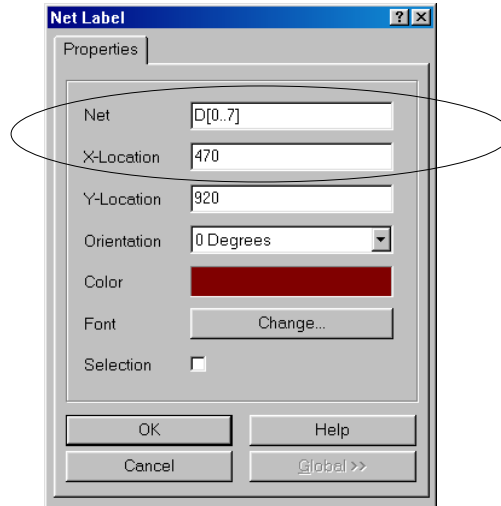
บัส(Bus) คือกลุ่มของสัญญาณจำนวนหนึ่งซึ่งมีชื่อคล้ายกันแต่แยกแยะด้วยเลขนับตามท้าย วิธีสร้างบัสจะใช้คำสั่ง **Place>>Bus [P,B]** จะทดลองสร้างบัสตามวงจรตัวอย่าง เรียกคำสั่งและเลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่ขา 9 ของ DB29 ให้ห่างออกมาทางด้านขวามือพอประมาณ คลิกหนึ่งครั้งเพื่อเริ่มต้น

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



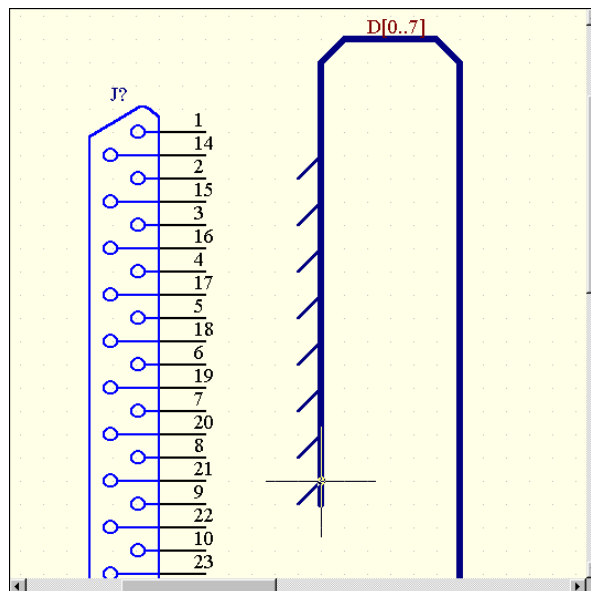
รูปที่ 4—13 เริ่มต้นวาง Bus เป็นแนวสำหรับต่อเส้น (Wire) เข้าหา

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



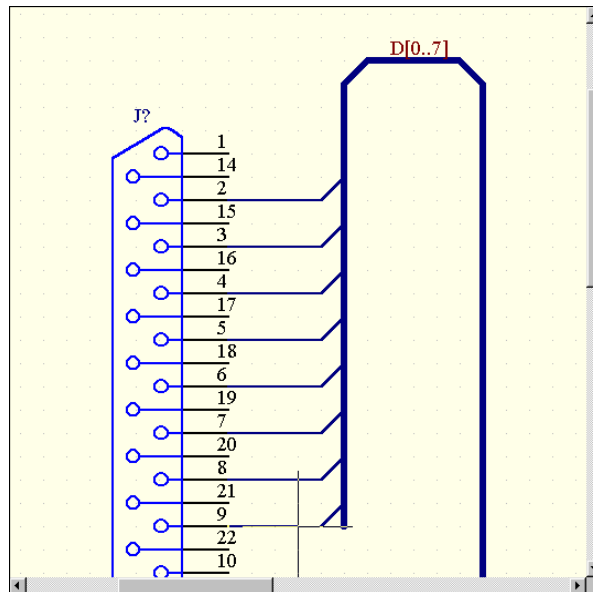
รูปที่ 4—14 คุณสมบัติ Net Label กำหนดชื่อเน็ต

4. ใช้คำสั่ง **Place>>Bus Entry [P,U]** เลื่อนมาใกล้ DB25 ขา 2 หันมุมของ 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



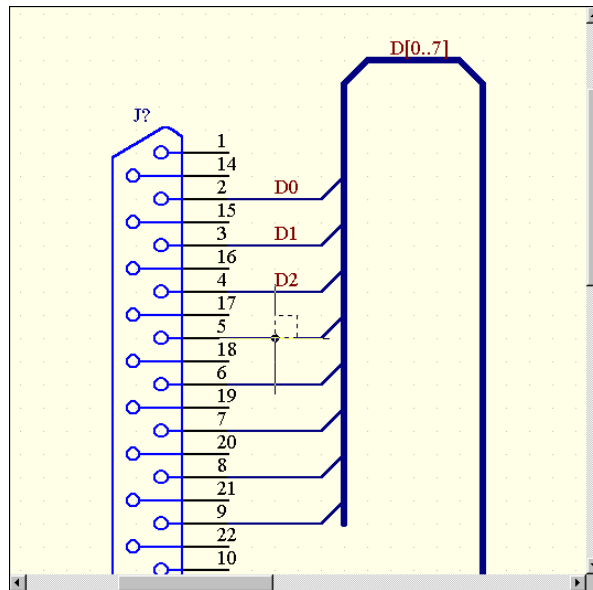
รูปที่ 4—16 เมื่อใส่ Wire เชื่อมระหว่าง Pin และ Bus Entry

- 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

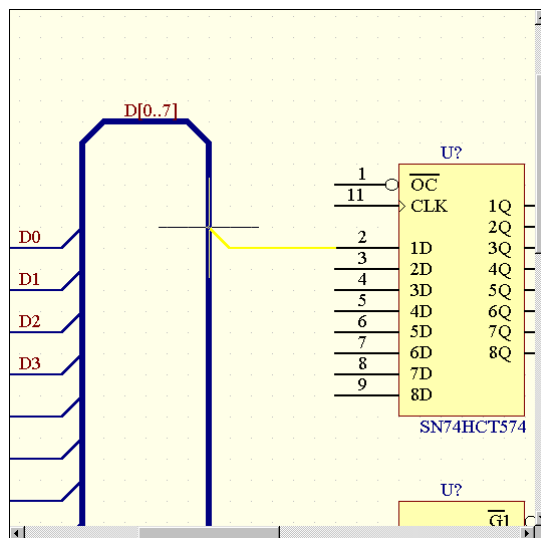
ขั้นต่อไปจะใส่บัสที่ IC SN74HCT574 แต่จะไม่ใช้วิธีในหัวข้อ “การใช้บัส” เราจะใช้วิธีทำซ้ำ

- 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



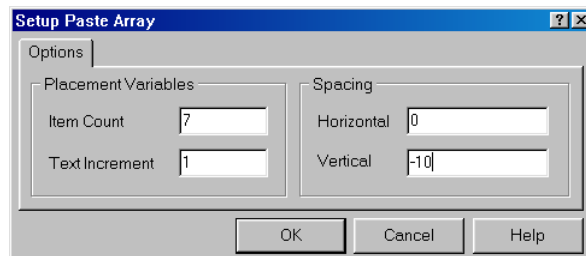
รูปที่ 4—17 ใส่ชื่อ Net Label

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



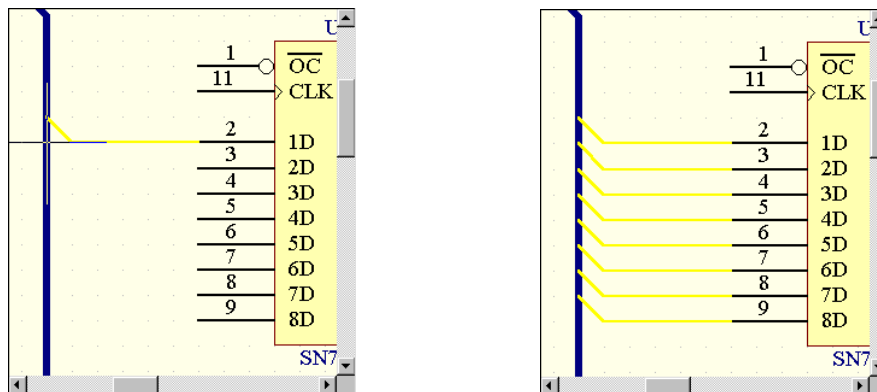
รูปที่ 4—18 หลังจากวาง Bus Entry และ Wire ชุดแรกพร้อมทั้ง Select แล้ว และแสดงจุดอ้างอิง

- 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



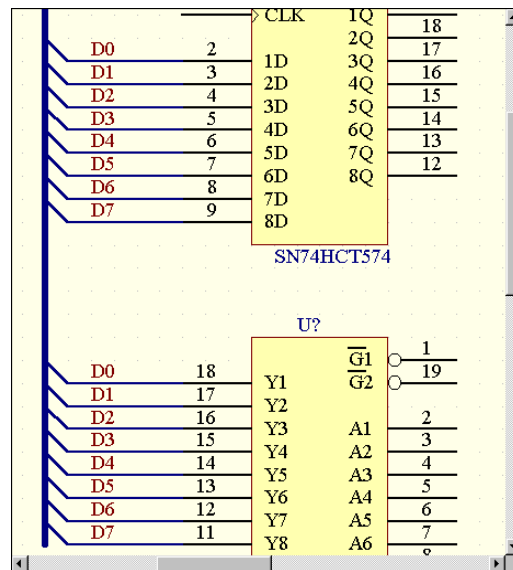
รูปที่ 4—19 ใส่จำนวนและระยะเหลี่ยมสำหรับคำสั่ง Paste Array

- เลื่อนเคอร์เซอร์ลงมาใต้จุดอ้างอิงบนบัส ต่ำลงมาหนึ่งกริด ใช้คีย์ลูกศรลงของคีย์บอร์ดได้เช่นกัน กดเมาส์หนึ่งครั้งโปรเทลจะ Paste Bus ทั้งหมดให้ทันที



รูปที่ 4—20 รูปซ้ายคือเลือกตำแหน่งจะ Paste ส่วนรูปขวาคือเสร็จแล้ว

- 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

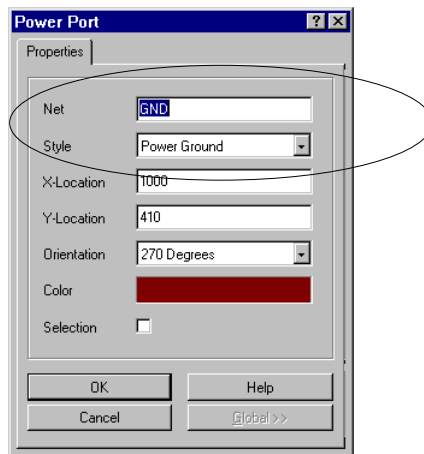
คู่มือ Protel99

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* หมายถึงชื่อของเน็ตซึ่งจะต้องเป็นชื่อเดียวกันทั้งหมดในวงจรเพราะโปรเทลจะเชื่อมชื่อเดียวกันเข้าหากัน 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

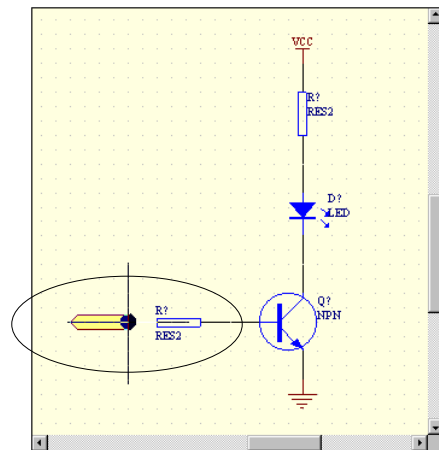
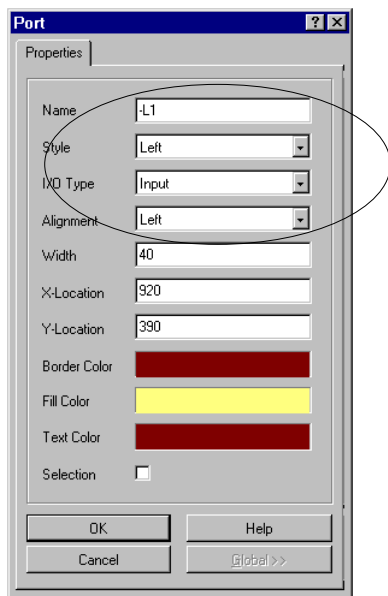


- ใส่ **HEADER16** ซึ่งอยู่ Miscellaneous Device Lib สำหรับ connector ของ IO Port
- ใส่ **NPN, RES2, LED** ซึ่งเป็นชุดขับ LED ให้ใส่เพียงชุดเดียวก่อน แล้วใช้วิธีก๊อปปี้ 3 ชุดที่เหลือ

### ใส่สัญลักษณ์ช่องต่อ (Place Port)

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

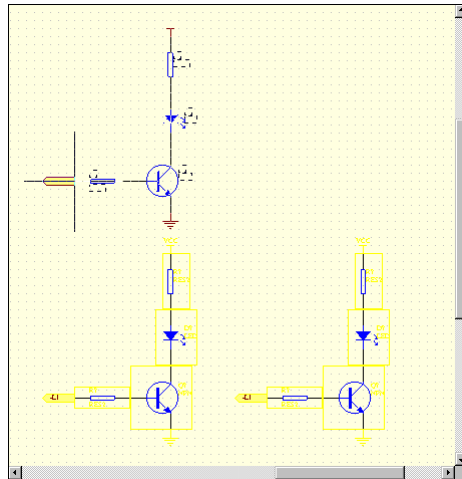
#### Port [P,R]



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* ถือเป็นการตั้งชื่อเน็ตเช่นกัน 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

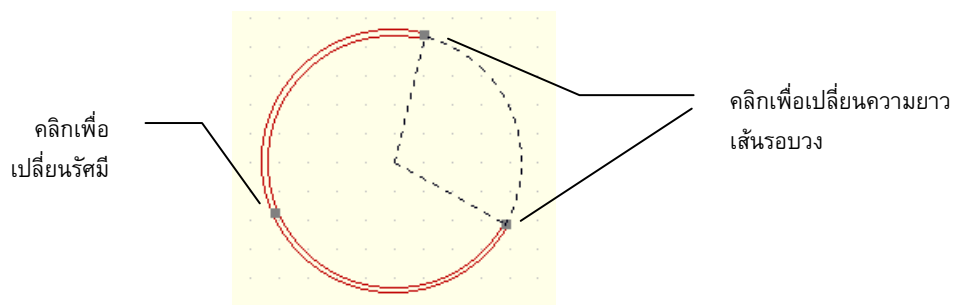
### Text Frame

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



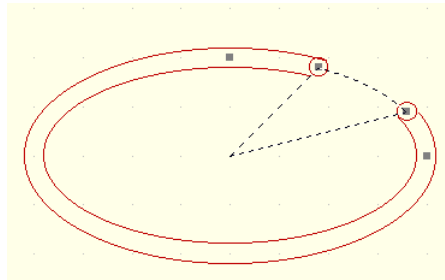
ระหว่างสร้าง Arc สามารถใช้คีย์ **TAB** เพื่อกำหนดคุณสมบัติเช่น ขนาดเส้น, สี เป็นต้น เมื่อสร้าง Arc เสร็จแล้ว หากต้องการเปลี่ยนคุณสมบัติ คลิกที่จุดใดๆบน Arc จะเห็นเครื่องหมายแฮนเดิลอร์ปรากฏขึ้น คลิก

คู่มือ Protel99

แล้วลากที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดึงรูปเพื่อเปลี่ยนแปลงขนาด หากต้องการย้ายตำแหน่งของ Arc ให้คลิกที่ใดก็ได้ ไม่ใช่ตรงแกนเดอลอร์ เลื่อนไปวางในตำแหน่งใหม่

### *Elliptical Arc*

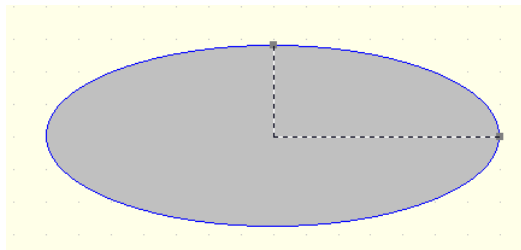
สร้างเส้นโค้งในแนววงรี วิธีการใช้ 5 ขั้นตอนใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Elliptical Arc [P,D,I]** เลื่อนไปกำหนด (1) จุดศูนย์กลาง (2) กำหนดรัศมี X (3) กำหนดรัศมี Y (4) กำหนดจุดเริ่มต้นบนวงรี (5) กำหนดจุดที่สองบนวงรี



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

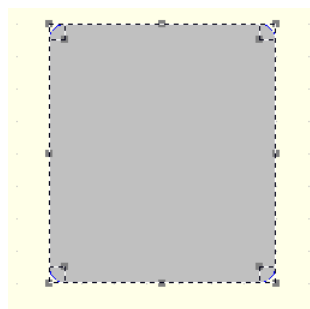
หากต้องการแก้ไข Line ที่สร้างเสร็จไปแล้ว ให้คลิกที่ Line หนึ่งครั้งจะเห็นเครื่องหมายแฮนเดิลอร์ปรากฏขึ้น คลิกที่แฮนเดิลอร์แล้วลากไปที่ตำแหน่งใหม่เพื่อเปลี่ยนความยาว

### 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

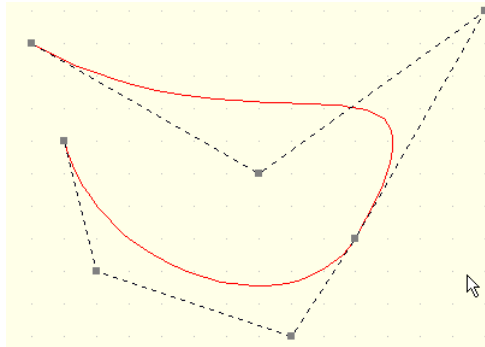
รูปหลายเหลี่ยมใช้คำสั่ง **Place>>Drawing Tools>>Polygon [P,D,P]** เลื่อนเมาส์ไปคลิกจุดเริ่มต้น แต่ละครั้งที่คลิก กำหนดมุมของรูปหลายเหลี่ยม เมื่อได้จำนวนมุมตามต้องการคลิกเมาส์ขวาหรือกดคีย์ ESC หากต้องการกำหนดคุณสมบัติเช่น ขนาดเส้นรอบรูป สีภายในรูปหลายเหลี่ยม ให้กดคีย์ TAB ซึ่งจะแสดง

คู่มือ Protel99

ได้อะลือกบ็อกซ์คุณสมบัติ หลังจากสร้างเสร็จหากต้องการเปลี่ยนขนาดทำได้โดยคลิกหนึ่งครั้ง จะเห็นเครื่องหมายแฮนเดิลอร์ปรากฏขึ้น คลิกที่แฮนเดิลอร์แล้วลากเพื่อเปลี่ยนขนาดใหม่

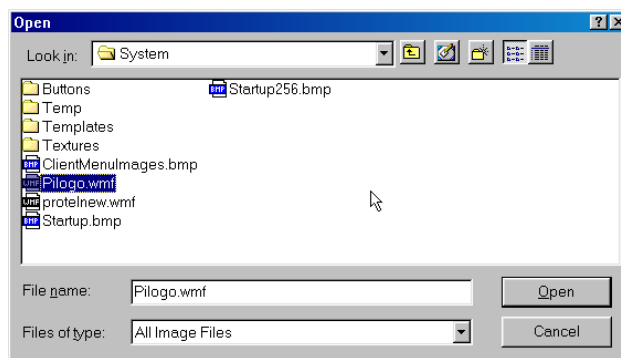
### Bezier Curve

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

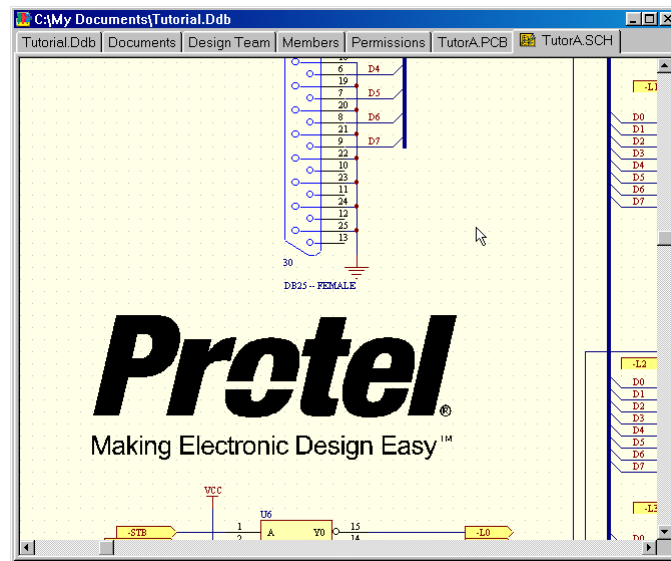


### Graphic

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 ได้เรียนรู้การใช้คำสั่งที่ปฏิบัติซ้ำๆ ซึ่งช่วยให้การปฏิบัติงานสะดวกมากขึ้น