

# 3

## เครื่องมือสร้างวงจร

ในบทนี้ท่านจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับ

- แผนทางเดินไฟฟ้า (Schematic Diagram)
- ส่วนต่างๆของ Schematic
- เปลี่ยนการมองไปยังบริเวณต่างๆ
- Preference ของ Schematic
- Design Option
- การใช้ Template
- การ Browse Schematic
- การจัดการกับ Part และ Library
- คุณสมบัติของวัตถุ (Object Properties)

### แผนทางเดินไฟฟ้า (Schematic Diagram)

แผนทางเดินไฟฟ้า(สเต็มมาติกไดอะแกรม Schematic Diagram) คือรูปวาดแสดงความเชื่อมโยงอุปกรณ์ใช้ระบุการทำงานวงจร ระบุชนิด ระบุจำนวนอุปกรณ์ ก่อนจะเริ่มขึ้นงานออกแบบ PCB, งานจำลองการทำงานวงจร จะต้องเริ่มที่ไดอะแกรมก่อน หน้าที่เท่าที่สรุปได้มีดังนี้

- ใช้สำหรับใส่สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ซึ่งเป็นที่รู้จักเช่น ทรานซิสเตอร์, IC ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้กำหนดรูปร่างเป็นสากล สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายระหว่างกันและทำให้เอกสารเรียบร้อยสวยงาม

- ใช้สำหรับตรวจสอบวงจรชั้นพื้นฐาน เมื่อใส่วงจรเรียบร้อยแล้วโปรเทลสามารถตรวจสอบในเบื้องต้น เช่น สัญญาณจุดใดต่อผิด ต่อสัญญาณเอาท์พุทของ IC สองตัวมาชนกัน ตรวจสอบสัญญาณใดค้างหรือต่อไม่ถึงจุดหมาย
- ช่วยทำเอกสารประกอบวงจรต่างๆ เช่น Revision ของเอกสาร, ผู้ที่ออกแบบ, วันที่ออกแบบ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นของวงจร
- ใช้สร้างรายงานวงจรเช่น Bill of Material หรือรายการอุปกรณ์ สามารถนำไปเตรียมสำหรับผลิต หรือซื้ออุปกรณ์มาประกอบวงจรได้ทันที
- สนับสนุนการใช้งานในลักษณะเป็นชั้นๆหรือ Hierarchy Design มองชิ้นงานเป็นโมดูล ไม่ว่าจะออกแบบจากล่างขึ้นบนหรือจากบนลงล่าง
- นำวงจรไปเข้า PCB Layout เพื่อทำ PCB ต่อไป การเชื่อมต่อที่ระบุในไดอะแกรมจะบังคับ PCB เดินสายทองแดงเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ ตามวงจรที่สร้างขึ้นเท่านั้น ทำให้มั่นใจในความถูกต้อง
- สนับสนุนการทำงานวงจรขนาดใหญ่ มีอุปกรณ์จำนวนมาก สัญญาณข้ามไปมาระหว่างไดอะแกรม โดยสามารถเชื่อมสัญญาณถึงกันได้
- ในกรณีใช้สัญญาณคล้ายกันและเดินไปพร้อมกัน สามารถใช้บัส(Bus)แทนสัญญาณเช่น Data bus หรือ Memory bus เป็นต้น

## ส่วนต่างๆของไดอะแกรม

ส่วนต่างๆของไดอะแกรมจะประกอบด้วย

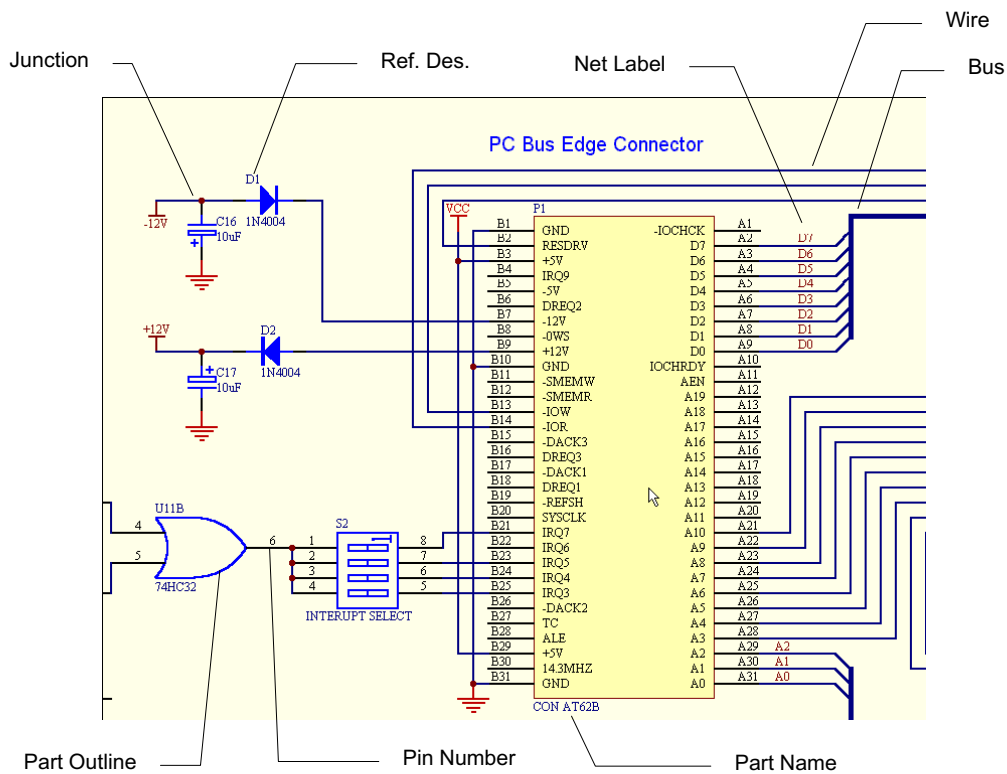
**Reference designator**—หรือ Ref. Des. คือชื่อเรียกอุปกรณ์ ชื่อเรียกนี้ ในชิ้นงานเดียวกันจะไม่ซ้ำกัน ถึงแม้จะเป็น Part ชนิดเดียวกัน เช่น U1, U2 เป็นต้น การสร้างเน็ทลิสต์จะอ้างจาก Ref. Des. เป็นหลัก

**Part Name**—คือชื่ออุปกรณ์ตามปรากฏในไลบรารี ชื่ออุปกรณ์อาจเป็นชื่อเดียวกับผู้ผลิต เช่น 74HC32 เป็นต้น หรือเป็นชื่อที่ผู้สร้างไลบรารีได้เช่นกัน

**Part Outline**—เส้นรูปร่างอุปกรณ์ อาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือรูปร่างเกท ตามวงจรลอจิก หรือรูปร่างอื่นเช่น ทรานซิสเตอร์

**Wire**—คือเส้นสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างขาอุปกรณ์ สัญญาณนี้จะเปลี่ยนเป็นเส้นทองแดงเมื่อนำไปทำ PCB Layout

**Bus**—คือกลุ่มของ Wire ที่มีชื่อคล้ายกัน แต่แยกแยะด้วยหมายเลขตามท้าย การเดินเส้นจะวางเป็นกลุ่มไปด้วยกัน เส้นที่เห็นจะมีความหนามากกว่า Wire



**Pin number**—หมายเลขขาอุปกรณ์ กำหนดด้วยหมายเลขหรือตัวอักษร เช่นทรานซิสเตอร์เรียกชื่อว่า B, C, E เป็นต้น หมายเลขขาต้องกำหนดระหว่างสร้างอุปกรณ์ในไลบรารีเสมอ แต่ไม่จำเป็นต้องแสดงบนไดอะแกรม

**Net Label**—คือชื่อของเน็ตใช้สำหรับกำหนดชื่อ Wire เน็ตที่ชื่อเดียวกันถึงแม้ต่อไม่ถึงกันจะเชื่อมถึงกัน

**Junction**—คือจุดสำหรับบอกการเชื่อมระหว่าง Wire

### เปลี่ยนการมองไปยังบริเวณต่างๆ

การเปลี่ยนการมองหมายถึงการเลื่อนไปบริเวณต่างๆของไดอะแกรม รวมทั้งการขยายและการย่อ เพื่อให้เห็นรายละเอียดเฉพาะจุดที่ต้องการได้ดีขึ้น ใช้คีย์ PgUp, PgDn, Home, End หรือเรียกจากเมนู **View** ใช้คีย์ 'V' หรือเมนู **Zoom** ใช้คีย์ 'Z' เมื่อกดคีย์ย่อจะเห็นป๊อปอัพเมนูปรากฏขึ้น คำสั่งย่อมีดังนี้

- **Zoom>>Windows [Z,W]** หรือ **View>>Area [V,A]** ใช้สำหรับขยายการมองในบริเวณที่กำหนด เมื่อเรียกคำสั่งแล้วเลื่อนเมาส์กำหนดบริเวณ เลือกมุมจุดตั้งต้น เลือกมุมจุดสุดท้าย จะเห็นจอภาพแสดงการขยายครอบคลุมบริเวณที่เลือกทันที

- **Zoom>>Points [Z,P]** หรือ **View>>Around Point [V,P]** ใช้สำหรับขยายการมองรอบจุดสนใจ หลังจากเรียกคำสั่งใช้เมาส์เลือกจุดศูนย์กลาง เลือกอัตราขยายโดยเลื่อนกรอบสี่เหลี่ยมที่ปรากฏ เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการคลิกเมาส์อีกครั้ง จะเห็นจอภาพแสดงการขยายครอบคลุมบริเวณที่เลือก
- **Zoom>>50% [Z,5]** หรือ **View>>50% [V,5]** เมื่อต้องการขยายการมองเป็น 50%
- **Zoom>>100% [Z,1]** หรือ **View>>100% [V,1]** เมื่อต้องการขยายการมองเป็น 100%
- **Zoom>>200% [Z,2]** หรือ **View>>200% [V,2]** เมื่อต้องการขยายการมองเป็น 200%
- **Zoom>>400% [Z,4]** หรือ **View>>400% [V,4]** เมื่อต้องการขยายการมองเป็น 400%
- **Zoom>>In [Z,I]** หรือ **View>>Zoom In [V,I]** หรือคีย์ **PgUp** ใช้เมื่อต้องการขยายการมองให้ใหญ่ขึ้น เลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังบริเวณที่ต้องการขยายก่อนแล้วเรียกคำสั่ง บริเวณก่อนคำสั่งจะเป็นศูนย์กลางของจอภาพ
- **Zoom>>Out [Z,O]** หรือ **View>>Zoom Out [V,O]** หรือคีย์ **PgDn** ใช้เมื่อต้องการย่อการมองให้เล็กลง เลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังบริเวณที่ต้องการย่อแล้วเรียกคำสั่ง บริเวณก่อนคำสั่งจะเป็นศูนย์กลางของจอภาพ
- **Zoom>>Pan [Z,N]** หรือ **View>>Pan [V,N]** หรือคีย์ **Home** ใช้เมื่อต้องการเลื่อนการมองไปยังบริเวณอื่น เลื่อนเคอร์เซอร์ไปตำแหน่งที่ต้องการจึงเรียกคำสั่ง จะทำให้บริเวณการแสดงผลภาพเปลี่ยนศูนย์กลาง
- **Zoom>>Redraw [Z,R]** หรือ **View>>Redraw [V,R]** หรือคีย์ **END** ใช้เมื่อต้องการให้วาดจอภาพในมุมมองเดิมซ้ำอีกครั้ง
- **Zoom>>All [Z,A]** หรือ **View>>Fit All Object [V,F]** ใช้เมื่อต้องการให้มองเห็นข้อมูลทั้งหมดที่ได้วาดไว้ในจอภาพเดียว
- **Zoom>>Sheet [Z,S]** หรือ **View>>Fit Document [V,D]** เมื่อต้องการให้มองเห็นข้อมูลภายในกรอบขีดในจอภาพเดียว

#### การกระโดดไปยังตำแหน่งต่าง ๆ

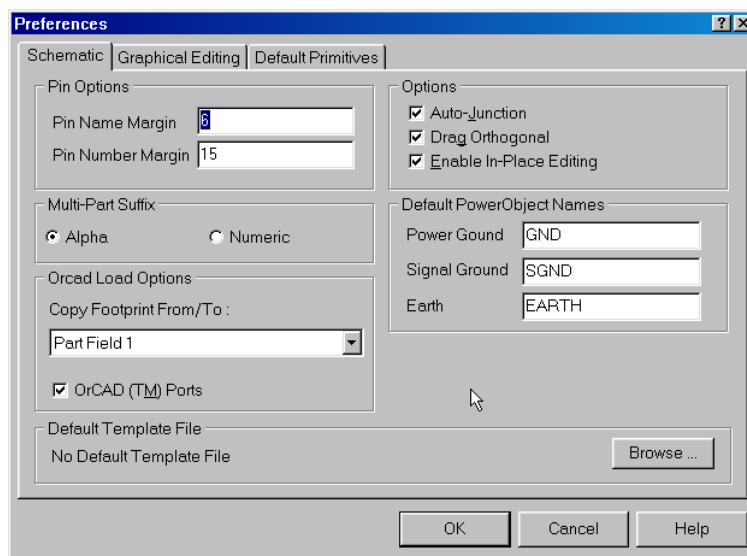
คำสั่ง Jump(กระโดด) คือการเลื่อนตำแหน่งเคอร์เซอร์และการมองจอภาพโดยอะแกรมไปยังบริเวณที่กำหนด เรียกคำสั่ง **Jump** โดยคีย์ "J" จะเห็นป๊อปอัพเมนูปรากฏขึ้นความหมายคือ

- **Jump>>Jump to Error Marker [J,E]** กระโดดไปยังบริเวณที่มีความผิดพลาดซึ่งตรวจสอบก่อนหน้าด้วยคำสั่ง **Tools>>ERC**
- **Jump>>Origin [J,O]** เลื่อนตำแหน่งเคอร์เซอร์ไปยังจุดเริ่มต้นที่พิกัด (0,0) หรือมุมล่างด้านซ้าย
- **Jump>>New Location [J,L]** ใส่ตำแหน่งพิกัด (X,Y) ในไดอะล็อกบ็อกซ์ที่ต้องการเลื่อนเคอร์เซอร์

- **Jump>>Location Mark 1 [J,1]** สำหรับเลื่อนเคอร์เซอร์ไปพิกัดที่กำหนดก่อนหน้า ด้วยคำสั่ง **Edit>>Set Location Mark>>Location Mark 1** จุดที่กำหนดมีได้ 10 จุด การกระโดดไปตำแหน่งเหล่านี้จะไม่เปลี่ยนการขยายของจอภาพ

## Preference ของสเค็มมาติก

การกำหนด Preference (ความชอบ) คือการกำหนดทางเลือกการแก้ไขวงจร ซึ่งมีผลต่อสเค็มมาติกทั้งหมด ไม่เฉพาะแต่อะแกรมที่กำลังแก้ไขเท่านั้น ใช้คำสั่ง **Tools>>Preference** หรือคีย์ย่อ **[T, P]**



รูปที่ 3—1 แสดงไดอะล็อกบ็อกซ์ของความชอบ

Preference ประกอบด้วย 3 แถบคือ **Schematic**, **Graphic Editing** และ **Default Primitive** แต่ละแถบมีความหมายดังนี้

### แถบ Schematic

#### บริเวณ Pin Option

Pin Name Margin

โดยทั่วไปชื่อขา จะแสดงอยู่ภายในกรอบรูปร่าง(Outline) ของ Part ค่าในช่องนี้กำหนดระยะห่างจากชื่อขาไปยังขอบกรอบรูปร่างมีหน่วยเป็น 1/100 นิ้ว ค่ากำหนดให้(Default) คือ 6

Pin Number Margin

โดยทั่วไปหมายเลขขา (Pin Number) จะปรากฏอยู่บนขา นอกกรอบรูปร่าง ค่าในช่องนี้จะกำหนดระยะห่างจากหมายเลขขาไปยังขอบ มีหน่วยเป็น 1/100 นิ้ว ค่ากำหนดให้(Default) คือ 15

### บริเวณ Multi Part Suffix

Alpha, Numeric      ในกรณีที่อยู่อุปกรณ์นำมาใช้มีหลายเกทในหนึ่งตัวถัง(Footprint) เช่น 74LS04 มี 4 เกท การกำหนด Reference Designator จะเรียกอุปกรณ์เดียวกันด้วย Ref. Des. เดียวกัน แต่แยกเกทด้วย Alpha (ตัวอักษร) หรือ Numeric (ตัวเลข) เช่น U1-A หรือ U1-1 เป็นต้น

### บริเวณ OrCAD Load Option

Copy Footprint From/To      ใช้สำหรับเลือกชื่อ Footprint เมื่อนำ Schematic Diagram ซึ่งสร้างมาจาก OrCAD มาใช้ในโปรเทล

OrCAD Port      เลือกเมื่อไม่ต้องการให้เปลี่ยนขนาดพอร์ตขณะนำเข้า

### บริเวณ Option

Auto Junction      เมื่อเลือกมีเครื่องหมายถูกปรากฏในช่อง ทำให้เมื่อวาง Wire ไปพบ Wire ซึ่งวางไว้ก่อนหน้า จะปรากฏจุดเชื่อมต่อ(Junction) โดยอัตโนมัติ

Drag Orthogonal      เมื่อเลือกมีเครื่องหมายถูกปรากฏในช่อง ทำให้เมื่อเลื่อนอุปกรณ์ซึ่งมี Wire ติดอยู่ Wire จะเลื่อนไปเป็นมุมฉากกับจุดเดิม

Enable In-Place Editing      เลือกช่องนี้เมื่อต้องการให้แก้ไขข้อความ บนวงจรโดยตรง คลิกครั้งแรกที่ข้อความ และคลิกอีกครั้งจะเห็นเคอร์เซอร์กระพริบรอให้แก้ไข (ปกติต้องแก้จากไดอะล็อกบ็อกซ์ของข้อความ)

### บริเวณ Default Power Object Name

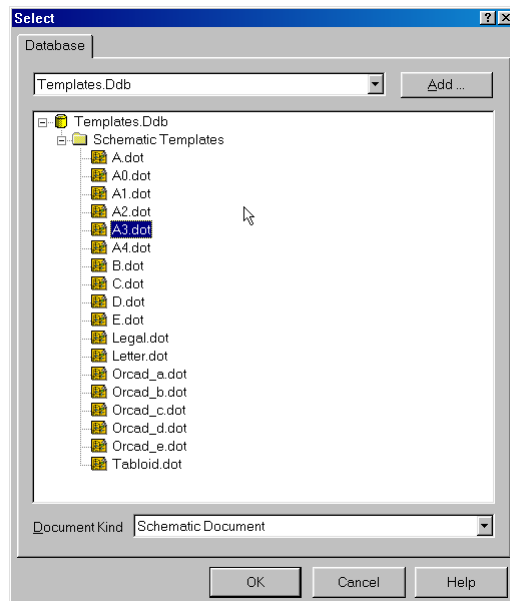
Power Ground      เลือกสัญลักษณ์ของ Power Ground เมื่อใช้คำสั่ง **Place>>Power Port [P,O]**

System Ground      เลือกสัญลักษณ์ของ System Ground เมื่อใช้คำสั่ง **Place>>Power Port [P,O]**

Earth      เลือกสัญลักษณ์ของ Earth Ground เมื่อใช้คำสั่ง **Place>>Power Port [P,O]**

### Default Template File

กำหนดชื่อแม่แบบของแผ่นกรอบวงจร(Sheet Template) การกำหนดจะมีผลต่อวงจรสร้างใหม่เท่านั้น ไม่มีผลต่อวงจรที่กำลังแก้ไข จากรูปที่ 3—1 ไม่ได้กำหนดแม่แบบ เมื่อต้องการกำหนดให้คลิกที่ปุ่ม Browse ระบุชื่อขนาดซีดที่ต้องการ(ดูรูปที่ 3—2) ไฟล์แม่แบบจะเก็บไว้ที่โฟลเดอร์ **\Program Files\Design Explore 99 SE\System\Templates.DDB**

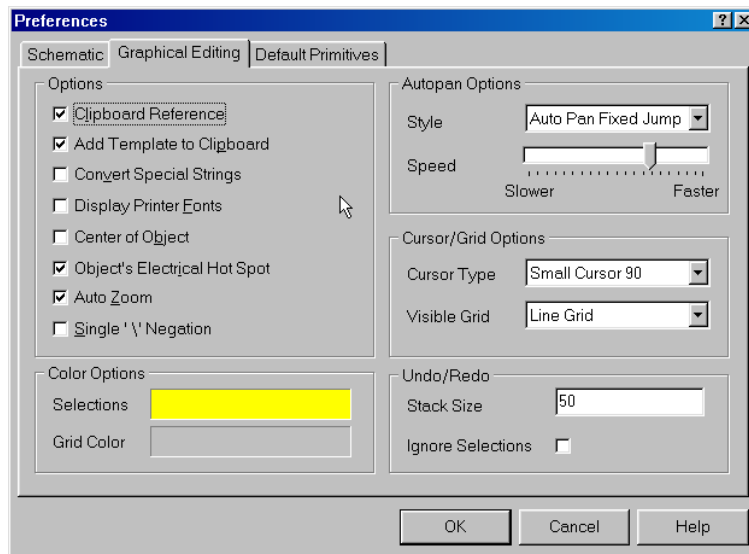


รูปที่ 3—2 เลือกขนาด Sheet ที่ต้องการจาก Templates.DDB

### แถบ Graphical Editing

#### บริเวณ Options

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| Clipboard Reference       | เมื่อเลือก(มีเครื่องหมายถูก) คือกำหนดให้ระบุตำแหน่งอ้างอิงเมื่อทำคำสั่ง <b>Edit&gt;&gt;Cut [E,T]</b> หรือ <b>Edit&gt;&gt;Copy [E,C]</b> จุดอ้างอิงนี้คือจุดใดๆที่เลือกขึ้นมา เพื่อใช้เทียบตำแหน่งของกลุ่มวัตถุระหว่างทำคำสั่ง <b>Edit&gt;&gt;Paste [E,P]</b> |
| Add Template to Clipboard | เมื่อใช้คำสั่งกอบปี้วงจรเข้าไปใน Clipboard จะทำให้ Copy Template เข้าไปด้วย  |
| Convert Special Strings   | เมื่อเลือกจะแสดงข้อความพิเศษบนจอภาพ (Special String) ปกติข้อความเหล่านี้จะมี “.” นำหน้าเช่น .DATE ขณะออกแบบวงจรจะเห็นข้อความพิเศษ ซึ่งจะถูกละเปลี่ยนเป็นวันที่ ณ ตำแหน่งข้อความพิเศษนั้น   |
| Display Printer Fonts     | กำหนดให้แสดงรูปแบบตัวอักษร(Font)ที่แท้จริง ซึ่งจะปรากฏทางเครื่องพิมพ์บนจอภาพ เนื่องจากฟอนท์ที่ใช้อาจจะไม่ตรงกับฟอนท์ที่เครื่องพิมพ์เพราะข้อจำกัดของ Windows  |



รูปที่ 3—3 ความชอบในแถบ Graphic Editing

Center of Object	เมื่อเลือก จะกำหนดให้ตำแหน่งอ้างอิงระหว่างขั้ววัตถุ อยู่กึ่งกลางของวัตถุ หากไม่เลือกจะทำให้ขั้วตำแหน่งวัตถุโดยใช้จุดที่คลิกเมาส์เป็นจุดอ้างอิง
Object's Electrical Hot Spot	กำหนดให้จับวัตถุทางไฟฟ้า โดยไม่จำเป็นต้องคลิก ตรงตำแหน่งพอดี เพียงแต่เข้าไปในระยะที่กำหนด จะถือว่าจับได้
Auto Zoom	ให้ Zoom เข้าไปถึงระดับอุปกรณ์เมื่อ กระทบไปที่อุปกรณ์นั้น
Single ' Negation	ถ้าเลือกหมายถึง เมื่อใส่เครื่องหมาย ' หน้า Net Label เพียงครั้งเดียว จะแสดงเป็นขีดเหนือชื่อเน็ตทั้งหมด ขีดนี้ใช้แทนการทำงานที่ระดับต่ำ (Active Low) ถ้าไม่เลือกช่องนี้ หมายถึงต้องใส่ " หน้าเฉพาะหน้าอักษรที่ต้องการขีดด้านบนเท่านั้น ดังนั้นถ้าชื่อยาว 3 ตัวอักษรต้องใส่ " 3 ครั้ง

**บริเวณ Color Option**

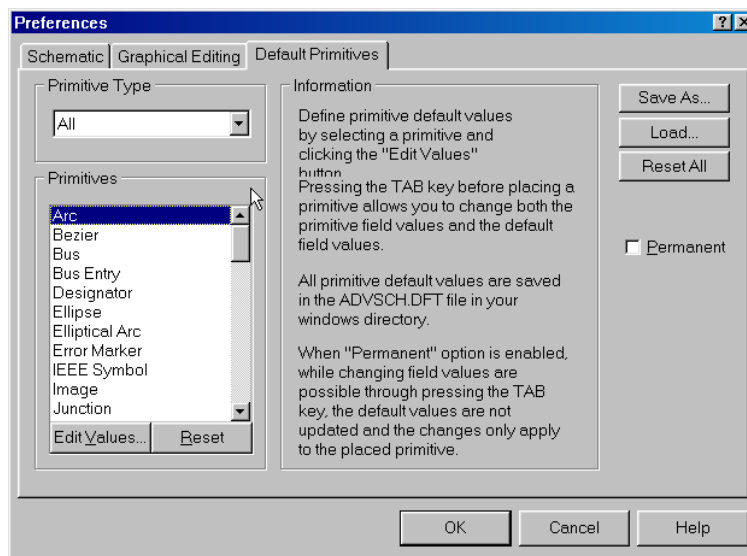
Selection	เลือกสีวัตถุเมื่อถูกเลือก
Grid Color	เลือกสีของกริด

**บริเวณ Autopan Option**

	กำหนดการเลื่อนจอภาพอัตโนมัติ ระหว่างทำคำสั่งเช่น Place>> Wire, Place>>Part
Style	เลือกชนิดของ Auto Pan
Auto Pan Off	ไม่ใช้ Auto Pan



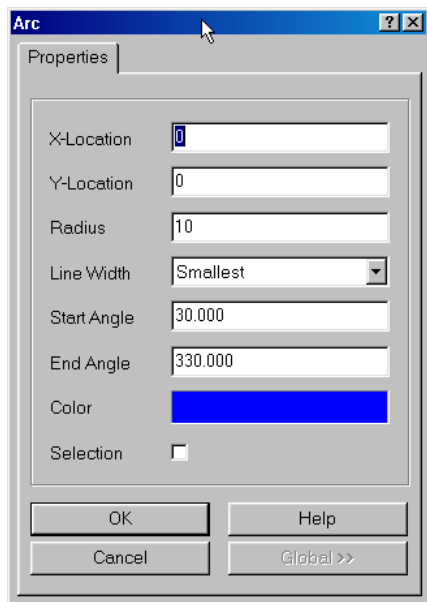
Auto Pan Fixed Jump	เลื่อนจอภาพเมื่อเคอร์เซอร์เข้าใกล้ขอบจอภาพ เมื่อเลื่อนแล้วเคอร์เซอร์ยังอยู่ที่ขอบจอภาพ
Auto Pan Re-Center	เลื่อนจอภาพเมื่อเคอร์เซอร์เข้าใกล้ขอบจอภาพ เมื่อเลื่อนแล้วเคอร์เซอร์ย้ายอยู่กลางจอภาพ
Speed	กำหนดความเร็วการเลื่อนจอภาพ
<b>บริเวณ Cursor/Grid Option</b>	
Cursor Type	เลือกชนิดของเคอร์เซอร์
Visible Grid	เลือกชนิดของกริดคือเส้น-Line Grid หรือจุด-Dot Grid
<b>บริเวณ Undo/Redo</b>	
Stack Size	กำหนดจำนวนสำหรับยกเลิกคำสั่ง(Undo) กำหนดไว้เป็น 50 เลือกกำหนดมากกว่าได้ จำกัดด้วยหน่วยความจำของเครื่อง
Ignore Selections	กำหนดให้ Undo ไม่นับวัตถุที่ถูกเลือก



รูปที่ 3—4 ความชอบในแถบ Default Primitive

### แถบ Default Primitive

พริมีทีฟ(Primitive) คือวัตถุพื้นฐานใช้ประกอบเป็นส่วนต่างๆของซอฟต์แวร์ เช่น พริมีทีฟของการเชื่อมสัญญาณประกอบด้วย Wire, Bus, Bus Entry, Port, Junction, Net Label เป็นต้น โดยทั่วไปพริมีทีฟเหล่านี้จะมีคุณสมบัติ(Properties) เฉพาะตัวซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ตัวอย่างคุณสมบัติเช่นสี(Color), ความกว้างเส้น(Line Width) การกำหนด Default Primitive หมายถึงเมื่อเรียกวัตถุเหล่านี้มาใช้ ต้องการค่าเริ่มต้นเป็นเท่าใด



รูปที่ 3—5 เมื่อเลือกแก้ไข Primitive ชื่อ Arc

เมื่อต้องการแก้ไขพริิมทีฟตัวใด เลือกชนิดโดยคลิกที่ *Primitive Type* ในช่อง *Primitive* เลือกสิ่งที่ต้องการ คลิกที่ช่อง *Edit value* เพื่อเปลี่ยนค่า

ค่า Default Primitive ที่แก้ไข สามารถเก็บในดิสก์โดยคลิกที่ปุ่ม *Save* ทำนองเดียวกัน สามารถอ่านค่าที่เก็บไว้โดยคลิกที่ปุ่ม *Load* สำหรับปุ่ม *Reset All* หมายถึงให้เปลี่ยนกลับเป็นค่าเดิมของโปรเทล

### Design Option

คือการกำหนดทางเลือกสำหรับชิ้นงาน การกำหนดจะมีผลต่อชิ้นงานนั้น ไม่มีผลต่อชิ้นงานอื่น เลือกแก้ไขด้วยคำสั่ง **Design>>Option [D,O]** ภายในไดอะล็อกบ็อกซ์มี 2 แถบคือ **Sheet Option** และ **Organization** แต่ละส่วนมีความหมายดังนี้

#### แถบ Sheet Option

คือกำหนดขนาดกระดาษสำหรับวาดวงจร (Sheet) มีทางเลือกได้ดังนี้

##### Template

Filename

แสดงชื่อไฟล์แม่แบบ(Template File) ซึ่งวงจรปัจจุบันใช้อยู่ ไม่สามารถเปลี่ยนชื่อแม่แบบในช่องนี้โดยตรง ต้องใช้คำสั่ง **Design>>Template>>Set Template Filename**

##### Standard Style

เลือกขนาดมาตรฐานซีตมีทั้งหน่วยเป็นเมตริก(มิลลิเมตร)และอิมพีเรียล(นิ้ว) จากจำนวนทั้งหมด 10 ขนาด หากต้องการกำหนดขนาดเอง ให้เลือกช่อง *Use Custom Style* ขนาดใหญ่สุดที่กำหนดได้คือ 65 นิ้ว x 65 นิ้ว

##### Custom Style

Use Custom Style

ผู้ใช้กำหนดขนาดซีต

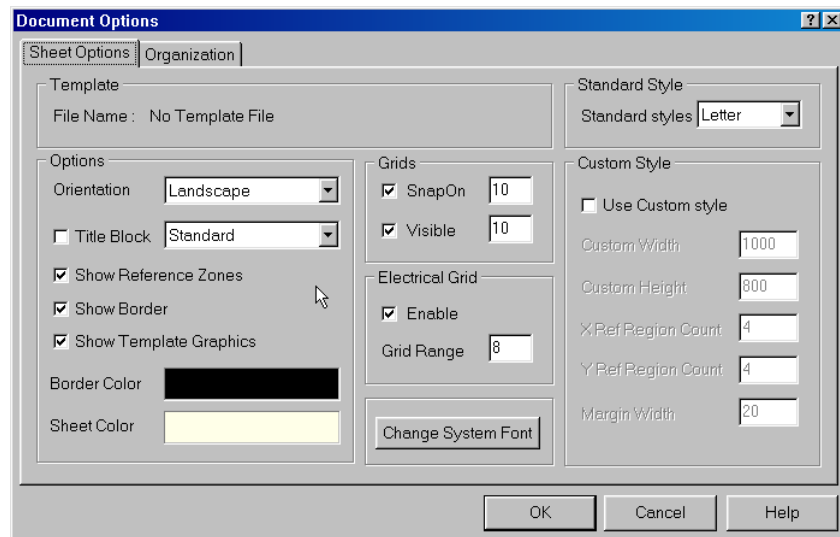
Custom Width

Custom Height

ขนาดความกว้างและความสูง

X-Ref. Region Count

Y-Ref. Region Count	จำนวนบริเวณอ้างอิง(Reference Zone) ทางด้านแนว X และ Y หรือตัวอักษรที่กำหนดอยู่บนขอบของชีตเพื่อระบุบริเวณของวงจร
Margin Width	ความหนาของขอบชีต



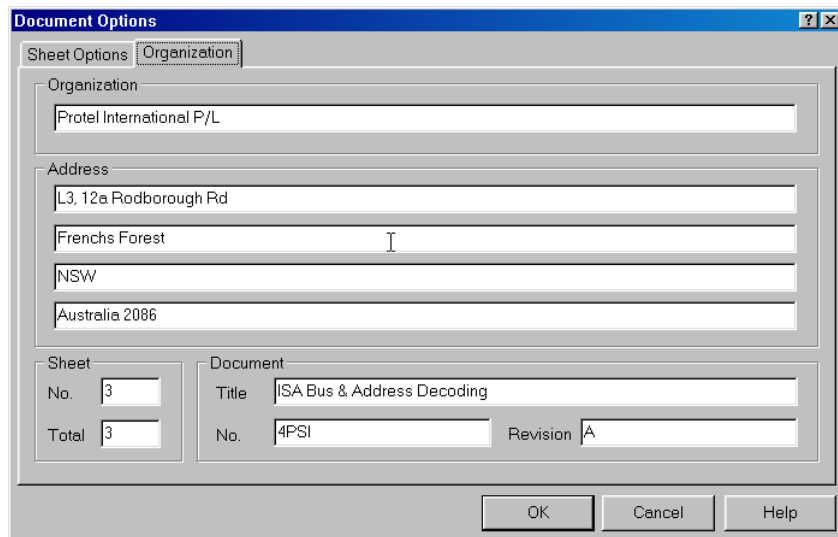
รูปที่ 3—6 ทางเลือกของเอกสารวงจรในแถบ Sheet Option

**Option**

Orientation	กำหนดทิศการวางชีต เลือกได้คือแนวนอน(Landscape) และแนวตั้ง(Portrait)
Title Block	กำหนดให้แสดง Title Block ซึ่งเลือกได้ 2 ชนิดคือ Standard-ชนิดมาตรฐาน และ ANSI-ชนิดมาตรฐานอเมริกัน
Show Reference Zone	กำหนดให้แสดงตัวอักษรอ้างอิงบริเวณที่ขอบของกระดาษ
Show Border	กำหนดให้แสดงเส้นขอบของกระดาษวงจร
Show Template Graphics	กำหนดให้แสดงกราฟิกใดๆซึ่งอาจจะมียู่ใน Template เช่นโลโก้บริษัท เป็นต้น
Border Color	กำหนดสีของเส้นสำหรับวาดขอบกระดาษวงจร
Sheet Color	กำหนดสีของกระดาษวงจร

**Grid**

Snap On	กำหนดให้วัตถุที่วางไปบนชีตอยู่บนกริดที่กำหนด
Visible	กำหนดให้แสดงกริดบนจอภาพ โดยทั่วไปจะเป็นจำนวนเท่าของ Snap Grid



รูปที่ 3—7 ทางเลือก Document Option ในแถบ Organization

### Electrical Grid

Enable

กำหนดให้ใช้ Electrical Grid

Grid Range

กำหนดรัศมีของ Electrical Grid ซึ่งเมื่อวัตถุทางไฟฟ้าเข้ามาใกล้ในระยะ จะวิ่ง(Snap) เข้าหากันและแสดง Hot Spot เป็นจุดให้รู้ว่าสามารถเชื่อมถึงกันได้

### Change System Fonts

ช่องนี้ใช้เมื่อต้องการเปลี่ยนฟอนต์ของระบบ ซึ่งใช้สำหรับแสดงตัวอักษรบริเวณขอบกระดาษ, ใน Title Block, Pin Name, Pin Number, Port, Power Port และ Sheet Entry

### แถบ Organization

สำหรับกำหนดข้อความซึ่งต้องการให้ปรากฏในแผ่นกระดาษ ข้อความในหน้าจอนี้จะเชื่อมโดยตรงกับตัวอักษรพิเศษ(Special String) ซึ่งจะแสดงขณะสั่งพิมพ์

### การใช้แม่แบบ(Template)

Template คือแม่แบบของกรอบกระดาษวงจร มีหลายขนาดให้เลือกตั้งแต่ A4(เล็กสุด) ถึงขนาด A0(ใหญ่สุด) กระดาษแต่ละแบบมี Title (ชื่อหัวกระดาษ) ไม่เหมือนกันแล้วแต่กำหนดตามมาตรฐานใดเช่น ANSI หรือ MIL เป็นต้น โปรเทลได้ให้แม่แบบพร้อมกับติดตั้งเป็นจำนวนมากเก็บอยู่ที่ Template.DDB (ดูรูปที่ 3—2 ประกอบ)

### เรียก Template มาใช้

เมื่อต้องการนำแม่แบบที่มีอยู่มาใส่กับชิ้นงานปัจจุบัน ระหว่างอยู่ในส่วนแก้ไขสเค็มมาติกเรียกคำสั่ง **Design>>Template>>Set Template File Name** จะเห็นไดอะล็อกบ็อกซ์แสดงชื่อไฟล์แม่แบบ เลื่อนไปเลือกชื่อที่ต้องการ

### การสร้าง Template ขึ้นมาเอง

การสร้างแม่แบบจะใช้วิธีเช่นเดียวกับวาดวงจร แต่ต่างกันคือเมื่อสั่งบันทึก ต้องเปลี่ยนชนิดของไฟล์เป็นแม่แบบ(Template) และจะต้องใส่ข้อความพิเศษ(Special String) เพราะข้อความพิเศษเหล่านี้จะเชื่อมกับช่องข้อมูลใน **Design>>Option [D,O]** เมื่อกรอกข้อความเรียบร้อยและสั่งพิมพ์ ซอฟต์แวร์จะดึงข้อความนั้นมาแทนที่ในข้อความพิเศษ(Special String) ให้ข้อความพิเศษที่ใช้ระหว่างสร้างแม่แบบเช่น

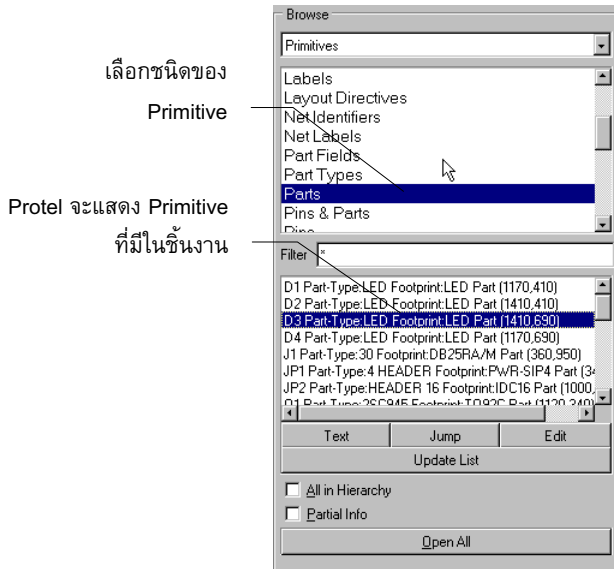
.ORGANIZATION	ข้อความที่นำมาจากช่อง Organize(ชื่อหน่วยงาน บริษัท)
.ADDRESS1	ข้อความที่นำมาจากช่อง Address1(ที่อยู่ช่องที่ 1)
.ADDRESS2	ข้อความที่นำมาจากช่อง Address2(ที่อยู่ช่องที่ 2)
.ADDRESS3	ข้อความที่นำมาจากช่อง Address3(ที่อยู่ช่องที่ 3)
.ADDRESS4	ข้อความที่นำมาจากช่อง Address4.(ที่อยู่ช่องที่ 4)
.SHEETNUMBER	ข้อความที่นำมาจากช่อง Sheet No.(หมายเลขชีต)
.SHEETTOTAL	ข้อความที่นำมาจากช่อง Total(จำนวนชีตทั้งหมด)
.TITLE	ข้อความที่นำมาจากช่อง Document Title(ชื่อไตเติ้ล)
.DOCUMENTNUMBER	ข้อความที่นำมาจากช่อง Document No.(หมายเลขเอกสาร)
.REVISION	ข้อความที่นำมาจากช่อง Revision(ลำดับการแก้ไข)

สำหรับข้อความพิเศษต่อไปนี้จะปรากฏเมื่อสั่งพิมพ์เท่านั้น

.DOC_FILE_NAME	ชื่อไฟล์และตำแหน่งไตเติ้ล
.FILENAME_NO_PATH	ชื่อไฟล์
.TIME	เวลาขณะพิมพ์
.DATE	วันที่ขณะพิมพ์

### การ Browse Schematic

การบราวซ์หมายถึงนำข้อมูลบนสเค็มมาติกมาแสดงรวมทั้งหมดและเมื่อสนใจจุดใด สามารถเลือกเข้าไปดูอย่างละเอียดได้ การบราวซ์วงจรถ้าจำเป็นต้องใช้ Design Manager หากไม่ปรากฏให้เห็นบนจอภาพ สั่งให้แสดงด้วยคำสั่ง **View>>Design Manager [V,M]** มองในแถบ(ที่คั่นหน้า) ชื่อ **“Browse”** คลิกที่แถบนั้นจะเห็นรูปที่ 3—8 ปรากฏขึ้น



เลือกชนิดของ  
Primitive  
Protel จะแสดง Primitive  
ที่มีในชั้นงาน

รูปที่ 3—8 การบราวซ์พริมีทีฟ

- ในช่อง Browse มีทางเลือกได้คือ Primitive และ Library คำว่าพริมีทีฟ(Primitive) หมายถึงส่วนพื้นฐานที่สุดเพื่อนำมาประกอบเป็นส่วนต่างๆของวงจร เช่นรอบๆ Part จะมีพริมีทีฟคือ Pin, Part Name, Part Type, Part Field, Net Label, Net Identifier เป็นต้น
- เมื่อเลือกชนิดพริมีทีฟ จากนั้นเลือกชื่อพริมีทีฟที่สนใจโดยคลิกไปที่ชื่อนั้น หากต้องการเลื่อนจอภาพไปค้นหาในกระดางวงจรให้คลิกที่ปุ่ม “Jump”
- หากต้องการแก้ไขคุณสมบัติของพริมีทีฟ ให้คลิกที่ “Edit”

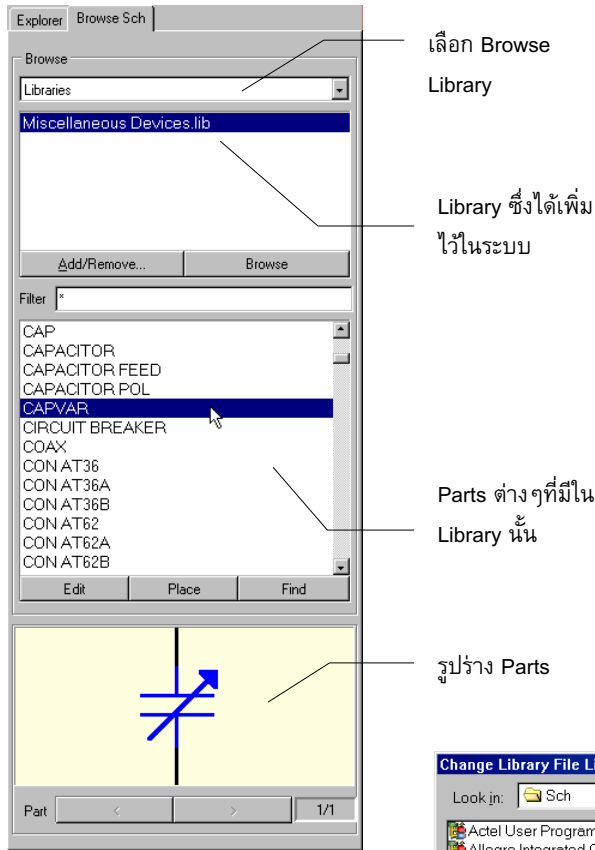
- หากต้องการแก้ไขข้อความของพริมีทีฟ ให้คลิกที่ “Text” (ไม่แนเสมอไปที่พริมีทีฟจะมีข้อความ)
- หากต้องการให้บราวซ์รวมทั้งหมดในโครงการ คลิกที่ช่อง All in hierarchy
- หากต้องการให้บราวซ์แสดงข้อมูลเพียงบางส่วน คลิกที่ช่อง Partial Info

### การจัดการกับ Part และ Library

Parts คือสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าใช้แทนตัวจริงของอุปกรณ์ ภายในโปรเทลได้ให้ Parts มาพร้อมกับการติดตั้งเป็นจำนวนมาก และยังคงมีการสร้าง Parts เพิ่มเติมเสมอ เนื่องจากการพัฒนา IC และอุปกรณ์ใหม่ๆตลอดเวลา Parts จะเก็บอยู่ในไลบรารีหรือห้องสมุด(Library) มีการแบ่งเป็นหมวดหมู่และมีเครื่องมือสำหรับค้นหา การนำ Part มาใช้จำเป็นต้องจัดการกับไลบรารีของ Part ก่อน

ในแถบ Browse ของส่วนแก้ไขวงจรได้กำหนดเครื่องมือสำหรับบราวซ์ Part ในไลบรารีดังนี้

- เมื่อต้องการดูรายชื่อไฟล์ไลบรารีในระบบ เลือกที่ **Browse Library** จะเห็นชื่อไลบรารีแสดง
- เมื่อต้องการดูรายชื่อ Part ในไลบรารี ให้คลิกที่ชื่อไลบรารีจะเห็นชื่อ Parts ปรากฏขึ้น
- เมื่อต้องการดูรูปร่าง Part ให้คลิกที่ชื่อ Part จะเห็นรูปร่างปรากฏใน Mini-Viewer
- เมื่อต้องการแก้ไข Parts ต้องคลิกชื่อ Part ก่อนแล้วคลิกที่ปุ่ม **Edit** โปรเทลจะเปิดไลบรารีขึ้นมาและเรียก Part มาแก้ไข การแก้ไขจะทำใน Part ซึ่งเก็บอยู่ใน Library ไม่เกี่ยวกับ Part ซึ่งได้วางไปบนวงจรแล้ว

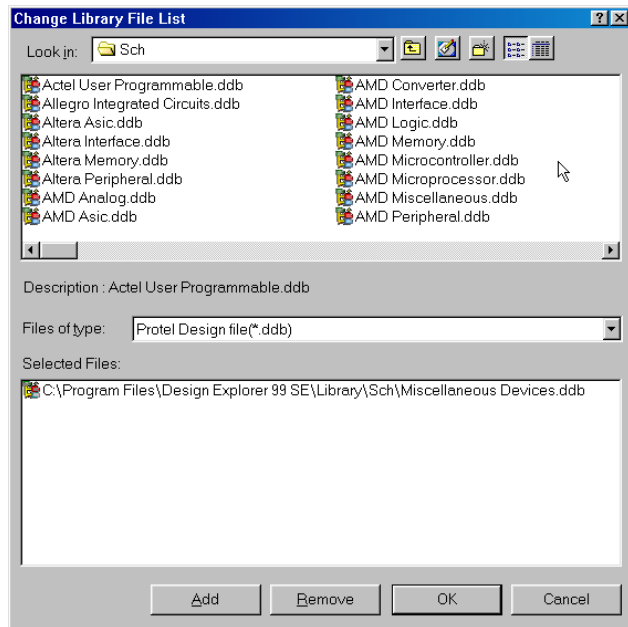


รูปที่ 3—9 แสดง Browse Panel ของ Schematic editor

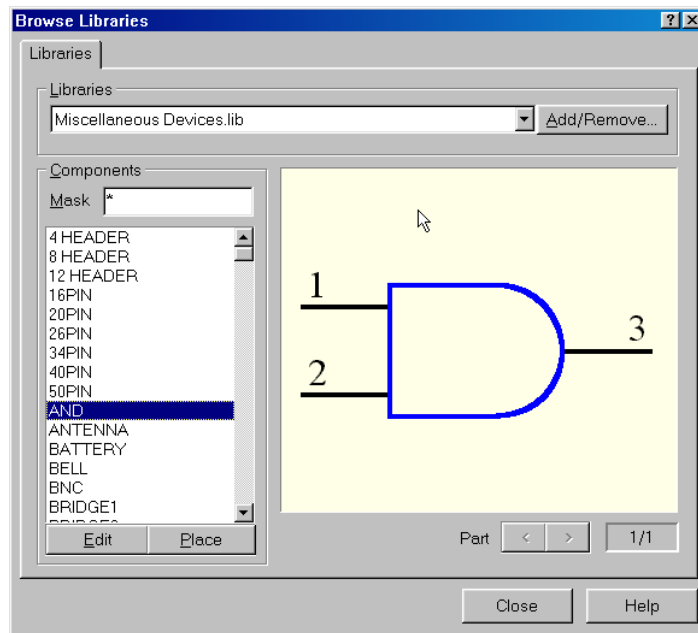
จากรูปที่ 3—9 หากต้องการดูในไลบรารีที่มีอุปกรณ์ใดบ้าง นอกจากใช้ Mini-Viewer สามารถคลิกที่ปุ่ม **Browse** จะเห็นไดอะล็อกบ็อกซ์ใหม่ปรากฏขึ้น (รูปที่ 3—11)

- ในหน้าต่างนี้แสดงรูปร่างกราฟิกของ Part ตัวที่ถูกเลือก
- ในช่อง Mask ใช้กำหนดขอบข่ายชื่ออุปกรณ์เพื่อจำกัดจำนวนแสดงสามารถใช้ \* และ ? ร่วมได้

- เมื่อต้องการนำ Part วางไปบนวงจร ต้องคลิกชื่อ Part จากนั้นคลิกที่ปุ่ม **Place**
  - สำหรับปุ่ม **Find** ใช้สำหรับค้นหา Part จากรายชื่อของ Library ทั้งหมด
- การเพิ่ม Library และการ Browse Library*
- จากรูปที่ 3—9 เมื่อต้องการเพิ่มชื่อไลบรารีเข้าในระบบ คลิก **Add/ Remove**
- คลิกที่ชื่อไลบรารีที่ต้องการจากช่อง *Library List* (ช่องด้านบน) คลิกที่ **Add** ชื่อไลบรารีจะเข้ามาอยู่ใน *Selected Files*
  - เมื่อต้องการลบไลบรารีออกจากระบบ ให้คลิกที่ชื่อไลบรารีในช่อง *Selected File* และคลิกที่ปุ่ม **Remove**



รูปที่ 3—10 การเพิ่มหรือลด Library จากระบบ

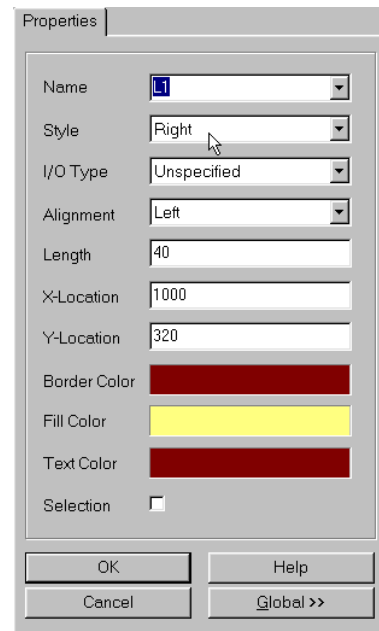


รูปที่ 3—11 การบราวซีไลบรารีและ Parts

- ในช่อง Libraries สามารถเลือกไลบรารีอื่น(ในกรณีที่ได้เพิ่มไว้มากกว่าหนึ่ง) โดยเลือกจากช่องลูกศร เลื่อนลง หากต้องการเพิ่มหรือลดคลิกที่ปุ่ม **Add/Remove** ได้เช่นกัน
- หากต้องการแก้ไข Part ใด คลิกที่ปุ่ม **Edit** โปรแกรมจะเปิดไลบรารีที่มี Part นั้นขึ้นมาใน Design Manager พร้อมกับเรียก Part Editor ขึ้นมาแก้ไขตัวที่เลือก
- หากต้องการวาง Part ลงไปบนวงจรให้เลือก Part นั้น ก่อน แล้วคลิกที่ปุ่ม **Place**

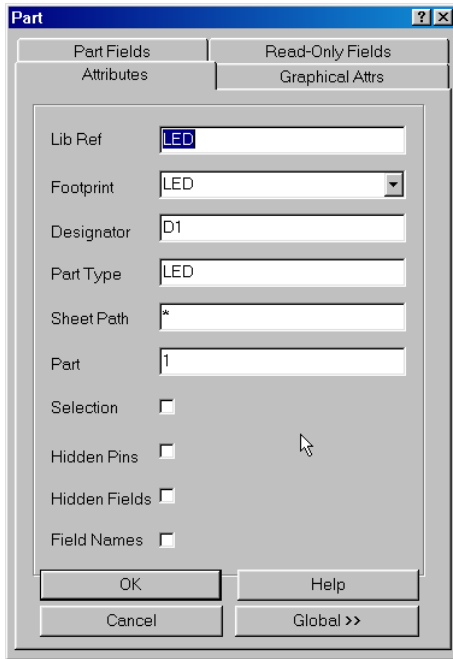
### คุณสมบัติของวัตถุ (Object Properties)

วัตถุ(Object) คือชื่อเรียกรวมๆชิ้นส่วนสำหรับออกแบบ เช่น Parts, Wire, Bus, String, Dimension เป็นต้น วัตถุต่างจากพีริมิทีฟคือวัตถุประกอบด้วยพีริมิทีฟ การกำหนดคุณสมบัติทำได้ทั้งในระดับพีริมิทีฟและระดับวัตถุ วัตถุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน คุณสมบัติบางชนิดซ้ำกัน เช่นสี (Color) การจัดเรียง (Orientation) เป็นต้น คุณสมบัติ



รูปที่ 3—12 การเปลี่ยนคุณสมบัติ (Properties) ของวัตถุ





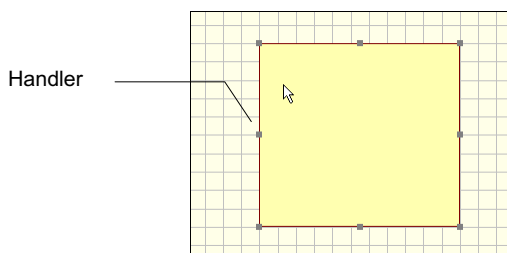
รูปที่ 3—13 การแก้ไขคุณสมบัติ (Properties) ของ Part

บางชนิดมีเฉพาะเช่น Pad จะมีคุณสมบัติ Hole Size (ขนาดรูเจาะ) ซึ่งไม่มีในวัตถุอื่นๆ การแก้ไขคุณสมบัติวัตถุทำได้ดังนี้

- ระหว่างวางวัตถุไปบนพื้นที่กระดาษเขียนวงจร กดคีย์ TAB จะเห็นกรอบคุณสมบัติปรากฏขึ้น
- หากวางวัตถุลงไปแล้ว ใช้คำสั่ง **Edit>> Change [E,H]** เลื่อนไปคลิกวัตถุ จะเห็นกรอบคุณสมบัติปรากฏขึ้น
- หากวางวัตถุลงไปแล้ว ดับเบิ้ลคลิกที่วัตถุนั้น จะเห็นกรอบคุณสมบัติปรากฏขึ้น
- เมื่อต้องการเปลี่ยนคุณสมบัติในช่องใด คลิกที่ช่องนั้นเพื่อเลื่อนเคอร์เซอร์ จากนั้นพิมพ์ค่าใหม่ที่ต้องการ
- สำหรับ Part จะมีคุณสมบัติมากกว่าวัตถุอื่นๆ การแก้ไขทำได้เช่นเดียวกัน

### การโฟกัส(Focus)

วัตถุสำหรับวาดเขียน(Drawing) เช่นวงกลม(Circle),สี่เหลี่ยม(Rectangular), วงรี(Ellipse)และอื่นๆ เป็นวัตถุสำหรับวาดสิ่งที่ไม่เกี่ยวกับทางไฟฟ้า ใช้สำหรับอธิบายเอกสารการทำงานวงจร วัตถุเหล่านี้สามารถเปลี่ยนขนาด ความกว้าง ความยาวโดยคลิกที่ตัววัตถุเพื่อให้อยู่ในโฟกัส (in focus) การเปลี่ยนขนาดวัตถุต้องทำให้วัตถุอยู่ในโฟกัสก่อนเสมอ จะเปลี่ยนขนาดทางด้านใดได้บ้างขึ้นอยู่กับวัตถุ



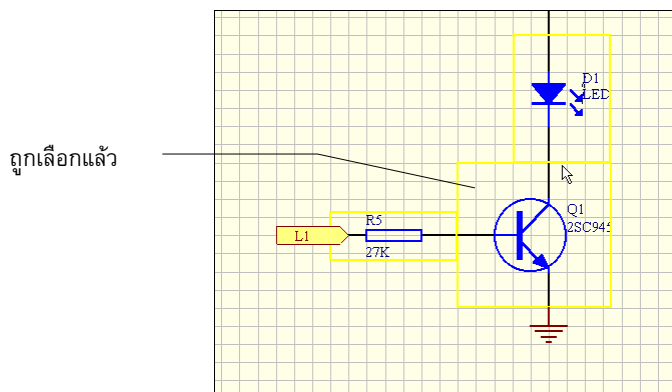
รูปที่ 3—14 เมื่อ Drawing อยู่ในโฟกัสจะเห็นแฮนด์เลอร์ (Handler)

- การอยู่ในโฟกัสจะปรากฏเครื่องหมายแฮนด์เลอร์(Handler) ซึ่งสามารถลากแฮนด์เลอร์เพื่อเปลี่ยนขนาดวัตถุ
- วัตถุเช่น Part ไม่มีสามารถเปลี่ยนขนาดได้ ดังนั้นจะไม่มีแฮนด์เลอร์
- วัตถุเช่น Wire จะมีเพียงแฮนด์เลอร์ของความยาว ไม่มี ความกว้าง

### การเลือก (Select)

การเลือกวัตถุหมายถึงนำวัตถุที่ต้องการทำขั้นตอนบางอย่างมารวมกัน เช่นต้องการเรียง Part บนวงจรให้อยู่ตรงแนวกัน เป็นต้น เมื่อต้องการเลือกวัตถุใดทำได้ 3 วิธีคือ

- กดคีย์ Shift และคลิกที่วัตถุนั้น
- วาดเม้าส์ล้อมรอบกลุ่มของวัตถุที่ต้องการเลือก
- ใช้คำสั่ง **Edit>>Select [E,S]** เลือกชนิดการเลือก เลื่อนไปเลือกวัตถุที่ต้องการ



รูปที่ 3—15 วัตถุเมื่อถูกเลือกจะมีกรอบสีเหลืองล้อม

- จะเห็นว่าเมื่อวัตถุถูกเลือก จะมีสีเน้น(Highlight) โดยปกติเป็นสีเหลือง ปรากฏอยู่ด้วย
- คำสั่ง **Cut** และ **Copy** จะใช้ได้ ต่อเมื่อได้เลือก (Select) วัตถุแล้ว
- การเลือก(Select) และ ในโฟกัส(Focus) ไม่เกี่ยวข้อง ทำร่วมกันได้ การเลือกในโปรเทลไม่เหมือนโปรแกรม

อื่นใน Windows คือการเลือกในโปรเทลเป็นลักษณะรวม(Cumulative) การเลือกครั้งใหม่ ไม่ยกเลิกสิ่งที่เลือกก่อนหน้า

- หากต้องการยกเลิกการเลือก ใช้คำสั่ง **Edit>>Deselect [E,E]** เลือกวิธีจากคำสั่งที่แสดงเมนู

### การลบวัตถุ

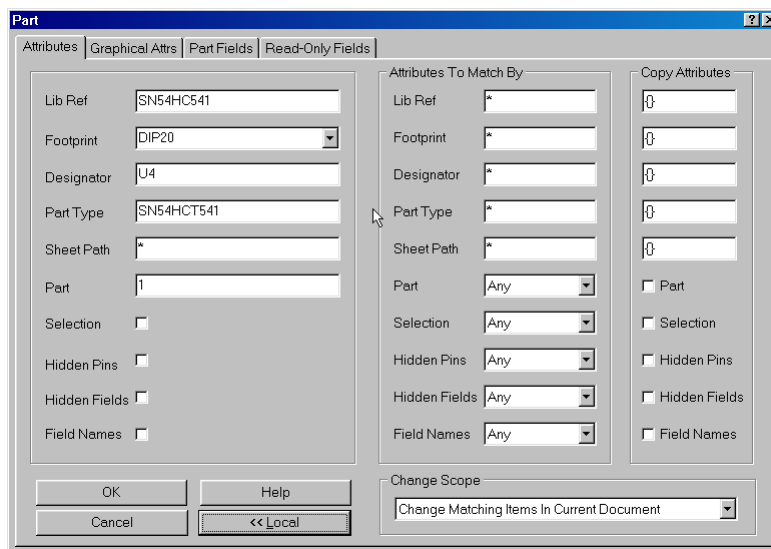
เมื่อต้องการลบวัตถุใดๆ ทำได้ 3 วิธีคือ

- ถ้าอยู่ในโฟกัสกดคีย์ **Delete**
- ถ้าเลือกอยู่ ให้กดคีย์ **CTRL+Delete**
- ใช้คำสั่ง **Edit>>Delete [E,D]** จะเห็นเคอร์เซอร์เปลี่ยนเป็นกากบาทใหญ่หมายถึงอยู่ในภาวะลบ (Delete Mode) เลื่อนไปคลิกที่วัตถุใด จะลบวัตถุนั้นทิ้ง หากต้องการออกจากภาวะลบให้คลิกเม้าส์ปุ่มขวาหรือกดคีย์ **ESC**

### การใช้ Global Editing

การแก้ไขคุณสมบัติของวัตถุในโปรเทลนอกจากแก้ที่คุณสมบัติแต่ละตัวแล้ว ยังมีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพใช้เปลี่ยนค่าคุณสมบัติของวัตถุหลายๆตัวอย่างรวดเร็ว เช่นเมื่อต้องการเปลี่ยนค่า Ref. Des เช่น U1, U2 ทุกตัวเป็น IC1, IC2 เป็นต้น

คลิกวัตถุที่สนใจ คลิกด้วยเมาส์ปุ่มขวาเรียกคำสั่ง **Properties** หรือดับเบิ้ลคลิกที่วัตถุนั้น จะเห็นกรอบสำหรับแก้ไขคุณสมบัติปรากฏขึ้นดังรูปที่ 3—16 คลิกที่ปุ่มล่างสุด **“Global”** เพื่อเพิ่มกรอบทางด้านขวามือ ดูในช่อง **Attribute To Match By** จะมีชื่อช่องต่างๆเหมือนคุณสมบัติพื้นฐานของวัตถุนั้น แต่จะมีค่าเป็น **“\*”** หมายความว่าต้องการให้ค้นหาคุณสมบัติโดยใช้เกณฑ์จากช่องใดเป็นอักษรใช้เปรียบเทียบ เช่นหากต้องการเปลี่ยน U1, U2,... เป็น IC1, IC2... ต้องใส่ในช่อง **Designator** ว่า **U\*** หมายถึง U ที่ลงท้ายด้วยอักษรใดก็ตาม เข้าวรวมอยู่ในกลุ่มจะถูกเปลี่ยน หากปล่อยเป็น **“\*”** หมายถึงจับคู่กับค่าเดิมได้ทุกค่า หรือไม่ต้องการเจาะจง



รูปที่ 3—16 ใช้คำสั่ง Global Editing

ในช่อง **Copy Attribute** ใส่ค่าที่ต้องการให้เปลี่ยนลงไป การใส่สามารถใส่เป็นข้อความธรรมดาหรือเป็นสูตรเช่น {U=IC} หมายความว่าเมื่อค้นหา Designator U\* (U ที่ลงท้ายด้วยเลขใดๆ) พบให้เปลี่ยนเฉพาะจากตัวอักษร U เป็น IC เป็นต้น การใช้งานสามารถนำไปเปลี่ยนค่า Resistor, Capacitor ให้มีค่าเหมือนกัน พร้อมๆกันได้เป็นอย่างดี

การใช้ Global Editing จำเป็นต้องใช้อย่างระมัดระวังเพราะจะมีผลกระทบต่ออุปกรณ์อื่นๆเป็นจำนวนมาก ดังนั้นควร Save ชิ้นงานก่อนเริ่มต้น และการใช้ Global Editing ใช้งานได้กับ PCB Layout ได้เช่นกัน

คู่มือ Protel99

## สรุป

ในบทนี้เราได้เรียนรู้พื้นฐานต่างๆของ Schematic Editor ซึ่งจำเป็นสำหรับการเริ่มต้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ได้เรียนรู้วิธีการเปิดไลบรารี และการเรียก Part มาใช้งาน การเปลี่ยนคุณสมบัติของ Part เป็นต้น ได้เรียนรู้ทางเลือกต่างๆสำหรับกำหนด คุณสมบัติของแผ่นกระดาษวงจร ในบทหน้าจะเริ่มต้นออกแบบวงจรตัวอย่าง