

# 7

## ทำความรู้จัก PCB Layout

ในบทนี้ท่านจะได้เรียนรู้เรื่อง

- คำจำกัดความและส่วนต่างๆของ PCB ที่ปรากฏบนจอภาพ
- Layer Stack
- หน่วยการวัดและ Grid
- เปลี่ยนการมองและเลื่อนไปบริเวณต่าง
- การ Browse PCB
- Preference
- การจัดการ Footprint
- Design Rules

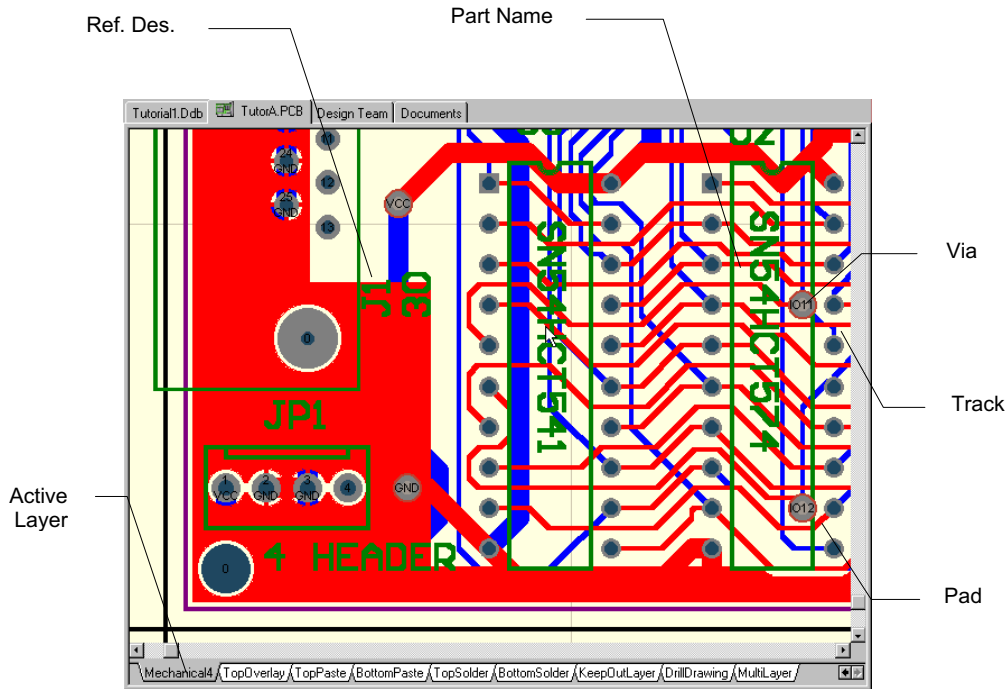
ในบทที่ผ่านมาเราได้เรียนรู้ส่วนที่เกี่ยวกับการออกแบบวงจร ซึ่งเป็นการใส่สัญลักษณ์ของวงจร เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถเข้าใจการทำงานได้ง่าย ในบทต่อไปนี้จะนำสัญลักษณ์อุปกรณ์บนวงจรเปลี่ยนไปเป็นรูปร่างที่แท้จริงเรียกว่า Footprint ซึ่งเป็นรูปเสมือนของอุปกรณ์ มีขนาดและตำแหน่งต่างๆเท่ากับขนาดอุปกรณ์ที่นำมาใช้ รูปเหมือนนี้จะถูกใช้ตลอดระหว่างออกแบบ PCB

### คำจำกัดความและส่วนต่างๆของ PCB ที่ปรากฏบนจอภาพ

ก่อนเริ่มต้นใช้เครื่องมือ ควรทำความเข้าใจส่วนต่างๆของชิ้นงาน PCB ซึ่งแต่ละส่วนมีหน้าที่และการใช้งานแตกต่างกัน ความหมายโดยสรุปมีดังนี้

Track

คือเส้นทองแดงเชื่อมระหว่างตำแหน่งขา(Pad) ของอุปกรณ์ การเดินแทร็คมีคอนเนคชั่น (Connection) เป็นตัวนำ คอนเนคชั่นนี้มาจาก Wire และ Bus ซึ่งเชื่อมต่อโนสเค็มมาติก ถูกส่งผ่านเข้ามาใน PCB ในรูป Netlist



รูปที่ 7—1 Design Windows แสดง PCB Editor

Pad

ตำแหน่งของขาอุปกรณ์ แพ็ดมีรูปร่างได้หลายอย่างเช่นวงกลม, สี่เหลี่ยม อาจมีรูเจาะทะลุสำหรับอุปกรณ์ชนิดมีขา หรือไม่ทะลุสำหรับอุปกรณ์ประเภท SMD โดยทั่วไปการกำหนดแพ็ดจะกำหนดเท่าจำนวนเลเยอร์ของชั้นงาน PCB ซึ่งแพ็ดในแต่ละเลเยอร์อาจจะมีขนาดและรูปร่างไม่เหมือนกัน แพ็ดซึ่งซ้อนกันอยู่ในระหว่างชั้นต่างๆเรียกว่า Pad-stack

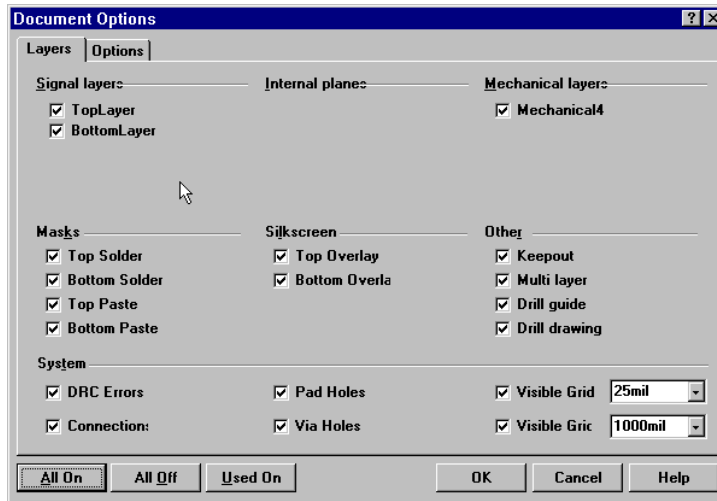
Via

คือช่องทะลุผ่านระหว่างด้านบนและล่างหรือระหว่างเลเยอร์ของ PCB เพื่อให้เส้นทองแดงจากด้านหนึ่งข้ามมาเชื่อมต่อกับอีกด้านหนึ่ง ลักษณะทั่วไปของเวียจะคล้ายแพ็ด แต่ไม่มีอุปกรณ์ใส่ในตำแหน่งเวียและมักมีขนาดเล็กกว่า

Layer	คือชั้นสำหรับใส่วัตถุในการออกแบบ คำว่าเลเยอร์ใน PCB ต่างกับเลเยอร์ในซอฟต์แวร์ กรณี PCB หมายถึงจำนวนชั้นเฉพาะเดิ ลายทองแดงเท่านั้น สำหรับซอฟต์แวร์จะมีจำนวนเลเยอร์มากกว่าคือเลเยอร์ของลายทองแดง เลเยอร์สำหรับ Overlay (ทำ Silkscreen ตัวอักษรต่าง ๆ), Solder Mask (ทำพิมพ์สีเขียวเคลือบ PCB โดยเว้นเฉพาะ pad), Paste Mask (สำหรับป้ายกาวตะกั่วกรณีประกอบ SMD) เป็นต้น เลเยอร์เหล่านี้วางซ้อนกัน เมื่อมองเข้าไปในจอภาพคือการมองจากเลเยอร์บนลงเลเยอร์ล่าง สามารถเปลี่ยนลำดับการเรียงเลเยอร์และเปลี่ยนสีของวัตถุต่าง ๆ บนเลเยอร์
Ref. Des.	คือชื่ออ้างอิงของอุปกรณ์ ชื่อนี้จะตรงกันทั้งในสเค็มมาติกและ PCB ใช้เพื่ออ้างอิงอุปกรณ์ตัวเดียวกัน ในชั้นงานหนึ่งๆจะไม่มีชื่ออ้างอิงซ้ำกัน การสร้าง Netlist และรายงานต่างๆจะอ้างอิงผ่านชื่ออ้างอิงเสมอ
Part Name	ชื่อของอุปกรณ์ตามที่ปรากฏในไลบรารี

### Layer Stack

Layer Stack หมายถึงเลเยอร์ที่ซ้อนเป็นชั้นๆ แต่ละเลเยอร์จะมีชื่อและมีหน้าที่ต่างกัน เมื่อต้องการเปิด-ปิดเลเยอร์ ขณะอยู่ใน PCB Editor ต้องเรียกคำสั่ง **Design>>Option [D,O]** และดูในแถบ *Layers*



รูปที่ 7—2 แสดงทางเลือกของเลเยอร์ ให้ปรากฏบนจอภาพ

คู่มือ Protel99

แต่ละชื่อมีการใช้งานและหน้าที่ดังนี้

Signal layers	สำหรับใช้วาดแทร็คหรือลายทองแดง มีได้สูงสุด 32 ชั้น โดยทั่วไปวัตถุใดๆก็ตามซึ่งวางไปบนเลเยอร์นี้จะถือเป็นส่วนหนึ่งของลายทองแดงด้วย
Internal plane layers	ใช้สำหรับกำหนด Power Plane (แผ่นทองแดงทั้งแผ่นทำเป็นไฟเลี้ยงวงจร) เป็นชั้นที่อยู่ภายในคือระหว่างเลเยอร์ด้านบนและด้านล่างมีได้สูงสุด 16 ชั้น สิ่งที่ปรากฏบนเลเยอร์นี้จะเป็น Negative คือมีวัตถุปรากฏหมายถึงไม่มีทองแดง
Mechanical layers	ใช้สำหรับวาด Assembly Drawing (รูปประกอบสำหรับช่วยประกอบอุปกรณ์บนแผ่น PCB) และ Fabrication Drawing (รูปประกอบสำหรับช่วยสร้างแผ่น PCB) เช่นการตัด PCB, จุดเจาะรู ยึดนอต, ขนาด Dimension Line เป็นต้น มีจำนวนได้สูงสุด 16 ชั้น ข้อดีของ Mechanical Layer คือสามารถนำไปรวมกับ Artwork อื่นๆ เช่นเมื่อใส่เครื่องหมาย Datum ใน Mechanical Layer เมื่อต้องการทำ Top Artwork และ Bottom Artwork ให้นำ Mechanical Layer เข้ามารวม จะทำให้ Artwork ทั้งสองมีเครื่องหมาย Datum ปรากฏอยู่ เพื่อให้เทียบระหว่างด้านได้ง่ายขึ้น
Solder mask layers	มีได้ 2 ชั้นคือด้านบนและด้านล่างเท่านั้น ใช้สำหรับปิดรูของแพ็ค และเวียเพื่อไม่มีพิมพ์เขียว (สีซึ่งเคลือบ PCB ไม่ให้ทองแดงสัมผัสอากาศ เพื่อความคงทน) วัตถุที่ปรากฏใน Solder Mask เป็น Negative คือสิ่งที่ปรากฏหมายถึงเมื่อนำไปทำ PCB จะไม่ปรากฏ Solder Mask ขนาดของ Solder Mask กำหนดได้ใน <b>Solder Mask Expansion</b> ได้ Design Rules
Paste mask layers	มีได้ 2 ชั้นคล้ายกับ Solder Mask แต่จะใช้สำหรับทำ Stencil สำหรับป้ายกาวตะกั่วเพื่อประกอบ SMD กับเครื่อง Hot Air Reflow ขนาด Paste Mask กำหนดได้จาก <b>Paste Mask Expansion</b> ภายได้ Design Rules
Silkscreen layers	มีได้ 2 ชั้นคือด้านบนและด้านล่าง ใช้สำหรับใส่ข้อมูลของ PCB เช่น Reference Designator, สำหรับวาดรูปร่างอุปกรณ์, วาดสัญลักษณ์พิเศษต่างๆ เมื่อสร้างอุปกรณ์ในไลบรารี โปรเทลจะสร้างเส้นรอบรูป(Outline) ปรากฏอยู่ในเลเยอร์นี้ ดังนั้นเมื่อนำมาใช้งาน จะปรากฏในเลเยอร์ถูกต้องให้อัดโนมิติ

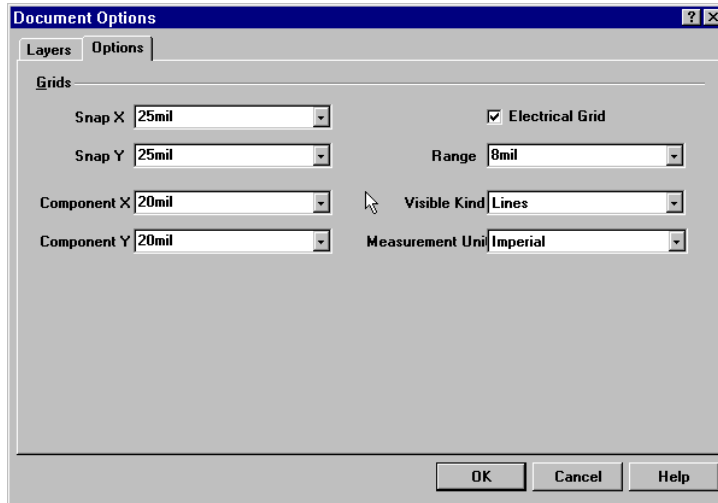
Drill layers	มีสองชั้นคือ Drill Drawing และ Drill Guide ทั้งสองเลเยอร์นี้จะสร้างให้อัตโนมัต Drill Guide คือรูปวาดแสดงจุดศูนย์กลางของรูเจาะดอกสว่านของแพ็ดและเวียทุกรูเจาะ เพื่อเป็นแนวสำหรับเจาะ PCB ด้วยมือ ส่วน Drill Drawing ระบุขนาดรูเจาะบน PCB โดยวาดสัญลักษณ์แทนขนาดพร้อมแสดง Drill Legend (สรุปสัญลักษณ์ที่ใช้, ขนาดและจำนวนทั้งหมด)
Keep out layer	มีเพียง 1 ชั้น ใช้สำหรับกำหนดขอบเขตของแทร็คและอุปกรณ์ซึ่งต้องการกันไม่ให้ออกนอกขอบเขต โดยทั่วไปมักกำหนดให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดบอร์ดที่ต้องการเล็กน้อย เพื่อไม่ให้แทร็คหรืออุปกรณ์เข้าไปวางใกล้ขอบบอร์ดเกินไป Keep Out layer จะมีผลต่อ Auto Router และ Auto Placer ถ้าหากเป็นบอร์ดออกแบบด้วยมือทั้งหมดจะกำหนดหรือไม่ก็ได้ และ Keep Out จะมีผลเสมอไม่ว่าจะแสดง(On/Off) หรือไม่ก็ตาม
Multi layer	มีเพียง 1 ชั้น วัตถุประสงค์ที่วางไปบนเลเยอร์นี้ จะเหมือนวางในเลเยอร์สัญญาณทั้งหมดที่มีในบอร์ดโดยอัตโนมัติ เลเยอร์ต่อไปนี้มีไว้เพื่อแสดงผล ไม่สามารถวางวัตถุใดๆลงไปและชื่อเลเยอร์นี้จะไม่แสดงที่แถบด้านล่างของ Design Windows
Connect	ใช้สำหรับแสดงการเชื่อมต่อระหว่างเน็ตที่แพ็ดของอุปกรณ์ เรียกว่า “Ratsnest” ซึ่งมาจาก Wire และ Bus ของสเค็มมาติก มีเพื่อให้อวิเคราะห์ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ให้สัมพันธ์กับอุปกรณ์อื่น ผู้ออกแบบต้องเปลี่ยนเส้นนี้เป็นแทร็คทั้งหมด
DRC Errors	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งความผิดพลาด
Visible Grid 1 & 2	ใช้สำหรับแสดงกริดและเลือกได้ว่าจะให้พร้อมกันทั้งสองชุด หรือทีละชุดก็ได้
Pad Holes	แสดงตำแหน่งรูเจาะของแพ็ด
Via Holes	แสดงตำแหน่งรูเจาะของเวีย

### หน่วยการวัดและกริด(Grid)

ตำแหน่งพิกัด (X, Y) ซึ่งแสดงอยู่ที่มุมล่างด้านซ้ายคือตำแหน่งของเคอร์เซอร์ เทียบกับจุดเริ่มต้น(Origin) โดยทั่วไปเริ่มต้นจะอยู่ที่มุมล่างด้านซ้าย เราสามารถกำหนดจุดเริ่มต้นที่ตำแหน่งใด ๆ ก็ได้บนบอร์ด หน่วยที่แสดงเป็น **mils(1/1000 นิ้ว)** หรือ **millimeter** เลือกกำหนดได้ ขนาดใหญ่สุดของพื้นที่ออกแบบ

คู่มือ Protel99

คือ **100x100 นิ้ว** เมื่อต้องการเปลี่ยนขนาดกริดระหว่างอยู่ใน PCB Editor เลือกคำสั่ง **Design>> Option [D,O]** คูในแถบ **Options**



รูปที่ 7—3 Design>>Option ในแถบ Option

ความหมายของช่องต่างๆมีดังนี้

Snap X,Y

กำหนดตำแหน่งการวางวัตถุในพื้นที่ทำงาน ค่า Snap นี้จะจำกัดการเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์ให้อยู่บนจุดที่เป็นจำนวนเท่าของ Snap Grid เท่านั้น โดยทั่วไปกำหนดให้มีค่าเป็นสัดส่วนกับระยะระหว่างแพ็ดของอุปกรณ์ เช่น 25mils, 50mils เป็นต้น

Component X,Y

คือกริดสำหรับการวางตำแหน่งอุปกรณ์

Electrical Grid

การใช้ Electrical Grid จะทำให้วัตถุทางไฟฟ้าเมื่อเข้ามาอยู่ในรัศมีที่กำหนด จะวิ่งเข้าหากันเพื่อเชื่อมต่อได้ง่าย เช่นการเดินเส้นด้วยมือจากแพ็ดของอุปกรณ์ SMD ซึ่งมักไม่อยู่บนกริด

Range

กำหนดระยะของ Electrical Grid

Visible Kind

กำหนดชนิดการแสดงกริดบนจอภาพ เลือกได้คือ Lines (เส้น) และ Dot (จุด)

Measurement Unit

หน่วยของการวัดเลือกได้คือ Imperial (1/1000 นิ้วหรือ mils-มิล) และ metric (Millimeter-มิลลิเมตร)

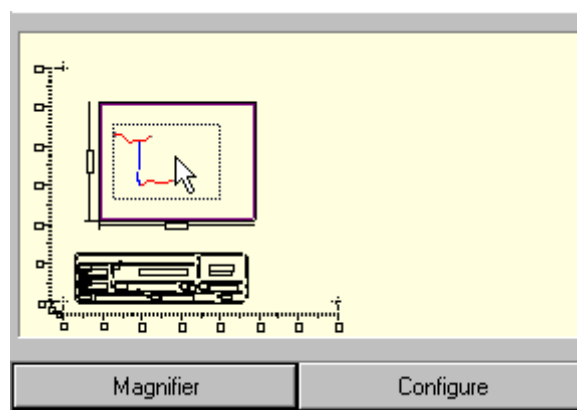
## เปลี่ยนการมองและเลื่อนไปบริเวณต่าง

เมื่อต้องการเปลี่ยนการมอง PCB สามารถใช้คำสั่งได้ดังนี้

- **View>>Zoom In [V,I]** หรือ **Zoom>>In [Z,I]** เพื่อขยายการมองที่ตำแหน่งเคอร์เซอร์ให้ใหญ่ขึ้น
- **View>>Zoom Out [V,O]** หรือ **Zoom>>Out [Z,O]** เพื่อย่อการมองให้เล็กลง
- **View>>Area [V,A]** หรือ **Zoom>>Windows [Z,W]** เพื่อขยายการมองเฉพาะบริเวณที่ต้องการเท่านั้น เมื่อเรียกคำสั่งแล้วเลือกบริเวณโดยใช้เมาส์กำหนดมุมสองจุด ผลที่ได้จะขยายเฉพาะบริเวณที่เลือกให้เต็มจอภาพ
- **View>>Around Point [V,P]** หรือ **Zoom>>Point [Z,P]** เพื่อขยายการมองเฉพาะบริเวณที่ต้องการ โดยกำหนดบริเวณจากศูนย์กลาง
- **View>>Fit Document [V,D]** หรือ **Zoom>>All [Z,A]** เพื่อให้เห็น PCB และเอกสารส่วนอื่นๆ ทั้งหมดในจอภาพเดียว
- **View>>Fit Board [V,F]** หรือ **Zoom>>Board [Z,B]** เพื่อให้เห็นเฉพาะ PCB ทั้งหมดบนจอภาพเดียว
- **View>>Zoom Last [V,Z]** หรือ **Zoom>>Last [Z,L]** เพื่อเปลี่ยนกลับไประดับขยายก่อนหน้านี้
- **View>>Pan [V,N]** หรือ **Zoom>>Pan [Z,N]** เพื่อเปลี่ยนจุดศูนย์กลางจอภาพ ตำแหน่งเคอร์เซอร์ก่อนเรียกคำสั่งจะกลายเป็นศูนย์กลางของจอภาพหลังคำสั่ง

นอกจากเรียกป๊อปอัพเมนู สามารถเรียกคำสั่งเปลี่ยนการมองได้จากคีย์พิเศษคือ

- **Zoom>>In** หรือคีย์ **PgUp**
- **Zoom>>Out** หรือคีย์ **PgDn**
- **Zoom>>Pan** หรือคีย์ **Home**
- **Zoom>>Redraw** หรือคีย์ **END**



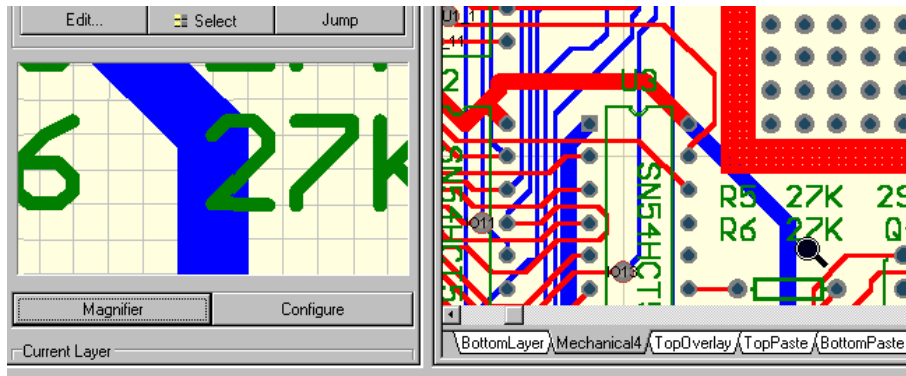
รูปที่ 7—4 PCB MiniViewer

### การใช้ Mini-Viewer

เมื่อคลิกที่แถบ Browse PCB ใน Design Manager จะเห็น PCB Mini-viewer เป็นกรอบเล็กๆ อยู่ที่ยุ่มล่างด้านขวา ภายในมีกรอบสี่เหลี่ยมเส้นประ ซึ่งแทนจอภาพใน Design Windows หมายความว่าขณะนี้ Design Windows กำลังแสดงภาพบริเวณนี้อยู่

เราสามารถเลื่อนหรือเปลี่ยนการมอง โดยใช้ Mini-Viewer ดังนี้

- เมื่อต้องการเปลี่ยนตำแหน่งการมองบอร์ด ให้เลื่อนกรอบสี่เหลี่ยมเส้นประโดยคลิกเมาส์ค้างไว้在那นั้น แล้วลาก จะเห็น Design Windows แสดงบริเวณอื่นๆของ PCB เปลี่ยนไปตาม
- เมื่อต้องการเปลี่ยนการ Zoom ใช้เมาส์คลิกที่ยุ่มกรอบสี่เหลี่ยมใน Mini-Viewer แล้วลาก



รูปที่ 7—5 การใช้ Magnifier ขยายการมองใน Mini-Viewer

- คลิกที่ปุ่ม **Magnifier** จะเห็นเคอร์เซอร์เปลี่ยนเป็นแว่นขยาย เมื่อเลื่อนแว่นขยายไปสองบริเวณต่างๆของ PCB จะเห็น Mini-Viewer ปรากฏขนาดที่ขยายขึ้น
- เมื่อต้องการเปลี่ยนอัตราขยาย คลิกที่ปุ่ม **Configure** และเลือกอัตราที่ต้องการเช่น 1:1-High, 2:1-Medium หรือ 4:1-Low หน่วยการขยายนับเป็น mils:pixel หรือหน่วยการวัดของชั้นงาน:หน่วยของจุดแสดงบนจอภาพ

### การเลื่อน(Pan)มุมมอง PCB ด้วยเมาส์

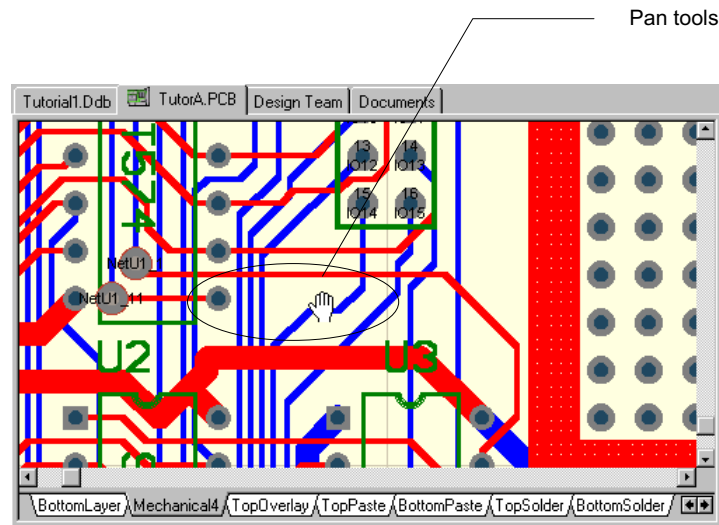
- เมื่อต้องการเลื่อนชั้นงาน PCB อย่างรวดเร็ว ให้คลิกเมาส์ปุ่มขวาค้างไว้ จะเห็นเคอร์เซอร์เปลี่ยนเป็นรูปมือ ลากเคอร์เซอร์เมื่อเลื่อนเคอร์เซอร์ไปมา มุมมอง PCB จะเปลี่ยนไปด้วย

### การกระโดดไปยังตำแหน่งต่างๆ

นอกจากการ Pan และ Zoom ซึ่งเลือกได้จากคำสั่งในเมนูแล้ว โปรเทลสามารถกระโดดไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้า วิธีการคือใช้คำสั่ง **Edit>>Jump [E,J]** หรือกดคีย์ **J** เพื่อเรียกเมนู **Jump** ขึ้นมา

- **Jump>>Absolute Origin [J,A]** กระโดดไปที่มุมล่างซ้ายตำแหน่งพิกัด (0,0)





รูปที่ 7—6 การ Pan จอภาพโดยคลิกเมาส์ปุ่มขวาค้างแล้วลาก

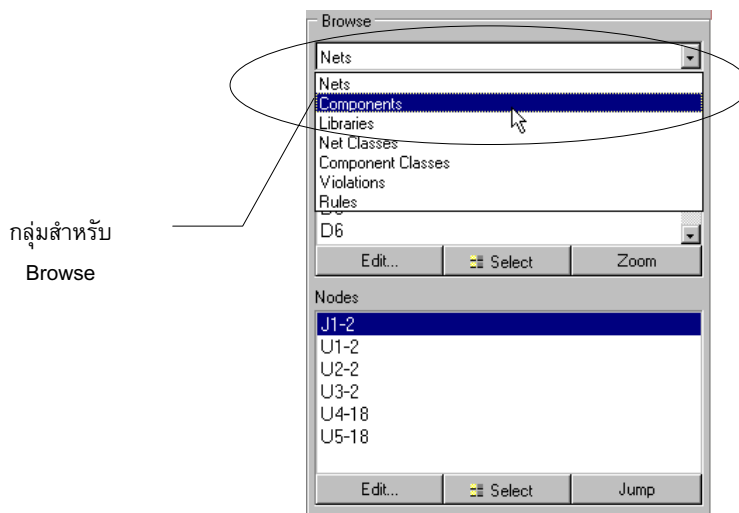
- **Jump>>Current Origin [J,O]** กระโดดไปที่ตำแหน่ง (0,0) สัมพัทธ์
- **Jump>>New Location [J,L]** กระโดดไปที่ตำแหน่งพิกัด (X,Y) โดยป้อนค่าที่ต้องการในโต๊ะล็อกบ็อกซ์
- **Jump>>Component [J,C]** กระโดดไปที่อุปกรณ์โดยป้อนชื่อที่ต้องการ หากใส่ “?” โปรแกรมจะแสดงชื่ออ้างอิงของอุปกรณ์ที่มีขึ้นมาให้เลือก เมื่อเลือกแล้วโปรแกรมจะกระโดดไปที่อุปกรณ์ ณ ตำแหน่งชื่ออ้างอิงนั้นๆ
- **Jump>>Net [J,N]** กระโดดไปที่เน็ตโดยป้อนชื่อที่ต้องการ หากใส่ ? โปรแกรมจะแสดงชื่อเน็ตขึ้นมาให้เลือก คำสั่งจะกระโดดไปที่ตำแหน่งยังแพ็คที่ใกล้ที่สุดซึ่งเชื่อมอยู่กับเน็ต
- **Jump>>Pad [J,P]** กระโดดไปที่แพ็คของอุปกรณ์ วิธีระบุเช่น U1-6
- **Jump>>String [J,S]** กระโดดไปที่ข้อความ(String) บนบอร์ด หากใส่ ? โปรแกรมจะแสดงข้อความที่มีทั้งหมดบนบอร์ดให้เลือก
- **Jump>>Error Marker [J,E]** กระโดดไปตำแหน่ง Error ที่เกิดขึ้นจากคำสั่ง DRC ถ้าใช้คำสั่งกระโดดครั้งต่อไปจะเลื่อนไปที่ Error ตัวต่อไป
- **Jump>>Selection [J,T]** กระโดดไปที่วัตถุที่ถูกเลือก เมื่อเรียกคำสั่งซ้ำจะกระโดดไปวัตถุต่อไปที่ถูกเลือกไว้ในลำดับต่อไป  
นอกจากนั้นโปรแกรมสามารถกำหนดตำแหน่งล่วงหน้า(Location mark) ได้ถึง 10 ตำแหน่งใช้คำสั่ง **Jump>>Set Location Marks>>1,2..** เลื่อนเคอร์เซอร์ไปกำหนดจุดที่ต้องการ เมื่อต้องการกระโดดไปจุดที่กำหนดไว้ใช้คำสั่ง **Jump>>Location Marks>>1,2..** เป็นต้น การกระโดดนี้จะไม่เปลี่ยนระดับการ

ขยาย คือถ้ากำหนดตำแหน่งไว้ที่อัตราขยายหนึ่ง เมื่อเปลี่ยนอัตราขยายแล้วส่งกระโดดไปที่ตำแหน่งนั้น อัตราขยายจะเป็นตามอัตราขยายใหม่

## การ Browse PCB

การบราวซ์หมายถึงนำข้อมูลที่สนใจขึ้นมาแสดงให้เห็นทั้งหมด และเมื่อสนใจรายการใด จึงเลือกหรือสั่งให้แสดงรายละเอียดที่จุดนั้น เนื่องจากข้อมูลบน PCB มีมาก การแสดงผลของโปรเทลที่เห็นได้ชัดเจนคือในรูปกราฟิกในรูปของอุปกรณ์และเส้นแทร็ค อย่างไรก็ตามข้อมูลที่เหลือเช่น Net, Component ไม่สามารถแสดงได้ทั้งหมดด้วยวิธีนี้ดังนั้นโปรเทลจึงเพิ่มการบราวซ์ขึ้นมา

ขณะที่เปิดเอกสาร PCB ใน Design Manager บนแถบ *Browse* จะใช้สำหรับแสดงข้อมูลของ PCB ในทางเลือกอื่นนอกจากในรูปกราฟิก กลุ่มต่างๆที่มีเช่น *Net, Component, Violation, Rules* เป็นต้น การใช้งานต้องเลือกกลุ่มที่ต้องการจากตรือปดาว์นลิสต์ ดูในช่อง *Browse* จะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มทันที เช่นเมื่อต้องการ Browse Component ก็แสดง Component ที่มีอยู่บนบอร์ดทั้งหมด สามารถเลือกทำได้ดังนี้



รูปที่ 7—7 การ Browse PCB primitives

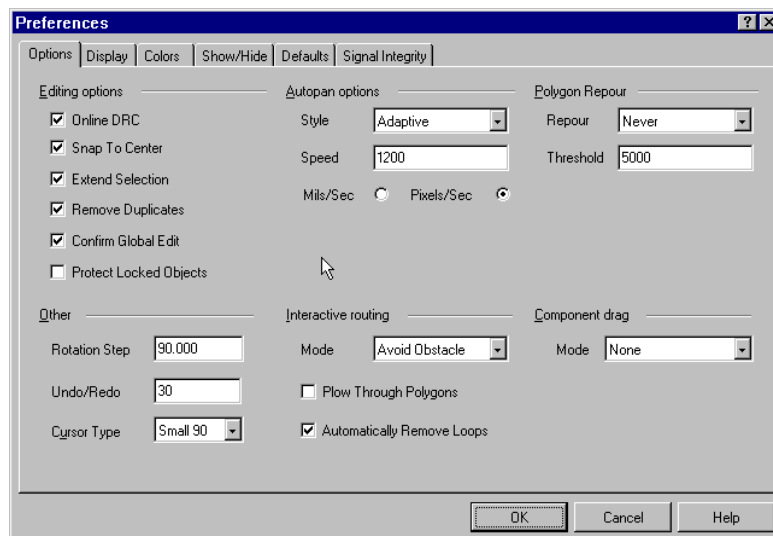
- คลิกที่ปุ่ม **Edit** เพื่อแก้ไข *Properties*
- คลิกที่ปุ่ม **Select** เพื่อเลือกวัตถุที่บนกราฟิก
- คลิกที่ปุ่ม **Jump** เพื่อ *Zoom* การมองและเลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่วัตถุนั้น

## Preference

Preference หมายถึงความชอบเลือกกำหนดได้คือ Option, Color, Show/Hide, Default Primitive และ Signal Integrity การกำหนดใน Preference นั้นจะถูกบันทึกไว้ในระบบและทำให้มีผลต่อ PCB อื่นๆ

### แถบ Option

ขณะกำลังใช้ PCB Editor เรียกคำสั่ง **Tools>>Preference** เลือกแถบ **Option**



รูปที่ 7—8 Preference ของ Option

ความหมายในแต่ละช่องมีดังนี้

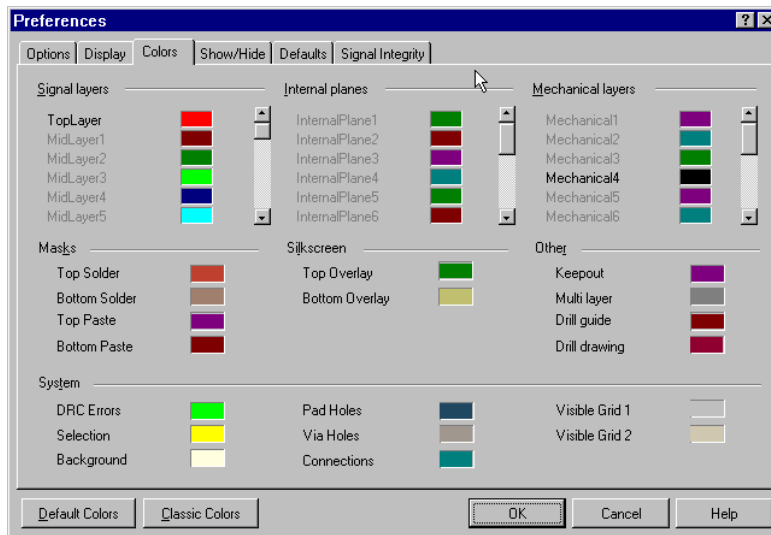
### บริเวณ Editing Option

Online DRC	สั่งให้ตรวจสอบ Design Rule Check (กฎการออกแบบ) ตลอดเวลา
Snap To Center	ถ้า On ทำให้เมื่อย้ายวัตถุ เคอร์เซอร์จะวิ่งเข้าหาจุดอ้างอิงและใช้จุดนั้นเป็นแนวเคลื่อนวัตถุ ถ้าหาก Off จะย้ายวัตถุ ณ.จุดที่เลือก
Extend Selection	ถ้า On หมายถึงการเลือก(Select)วัตถุเป็นลักษณะ Cumulative หรือการเลือกครั้งนี้จะถูกรวมเข้ากับการเลือกครั้งก่อนหน้า ถ้า Off จะทำให้การเลือกครั้งนี้ ยกเลิกสิ่งที่ได้เลือกมาก่อนหน้า
Remove Duplication	ระหว่างสร้าง Output โปรแกรมจะเพิ่มกระบวนการลดความซ้ำซ้อนของ Primitive ควรจะปล่อยให้ On โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Output ที่เป็น Vector Plot
Confirm Global Edit	ถ้า On สั่งให้โปรแกรมยืนยันการเปลี่ยนแปลงใน Global Edit ก่อนนำไปปฏิบัติ

Protect Locked Objects	สั่งให้ป้องกันวัตถุที่ล็อคไว้
<b>Auto Pan Option</b>	<b>กำหนดวิธีการเลื่อนจอภาพ เมื่อวางเคอร์เซอร์ใกล้ขอบจอภาพ</b>
Style	1-Disable คือไม่ใช้, 2-Fixed Size Jump เลื่อนด้วยระยะที่กำหนดใน Step Size หากกด Shift ด้วยจะใช้ค่าใน Shift Step Size, 3-Shift Accelerate เลื่อนด้วยระยะที่กำหนดใน Step Size กด Shift ค้างเพื่อเพิ่มระยะจนถึง Shift Step Size, 4-Shift-De-accelerate คือเลื่อนด้วยระยะ Shift Step Size ถ้าหากกด Shift จะเลื่อนด้วย Step Size, 5-Ballistic ระยะการเลื่อนขึ้นอยู่กับการวางเคอร์เซอร์ห่างจากขอบจอภาพ ถ้าน้อยใช้ Step Size ถ้าห่างมากใช้ Shift Step Size
Step Size	ระยะการเลื่อน หน่วยเป็น mils หรือ mm
Shift Step Size	ระยะการเลื่อน เมื่อกดคีย์ Shift ร่วมด้วย หน่วยเป็น mils หรือ mm
<b>บริเวณ Polygon Re-pour</b>	
Re-pour	กำหนดให้ Polygon Plane สร้างรูปร่างใหม่ด้วยเงื่อนไขอย่างไร
Threshold	กำหนดค่าเปรียบเทียบก่อนจะเททองแดงภายใน Polygon ใหม่
<b>บริเวณ Others</b>	
Rotation Step	กำหนดมุมเป็นองศาสำหรับหมุนอุปกรณ์ ระหว่างทำ Placement โดยกดคีย์เว้นว่าง(Space) ปกติการหมุนจะทวนเข็มนาฬิกา ถ้ากดคีย์ Shift ร่วม จะหมุนตามเข็มนาฬิกา
Undo/Redo	จำนวนชั้นของ Undo กำหนดจำนวนได้ตามหน่วยความจำ
Cursor Type	เลือกชนิดของเคอร์เซอร์ 1) Small 90, 2) Large 90, 3) Small 45
<b>บริเวณ Interactive Routing กำหนดวิธีการเดินเส้น (Track routing)</b>	
Mode	1) Avoid Obstacle คือให้หลบสิ่งกีดขวาง 2) Ignore Obstacle คือไม่สนใจสิ่งกีดขวาง(Obstacle) วางเส้นทับไปได้ 3) Push Obstacle คือให้เลื่อนสิ่งกีดขวางออกไป(ถ้าหากเลื่อนได้)
Plow Through Polygon	กำหนดให้ Polygon เปลี่ยนรูปร่างใหม่เมื่อเดินแทร็คด้วยตนเองเข้าไปในบริเวณ Polygon ที่มีอยู่แล้ว
Automatic removes loop	สั่งให้แทร็คซึ่งเดินด้วยตนเอง (manual routing) และมีลักษณะซ้ำซ้อน คือมีเส้นระหว่างแพ็ดด้วยกันมากกว่าหนึ่งแทร็ค ดังนั้นแทร็คที่ซ้ำซ้อนจะถูกยกออกให้

### Component Drag กำหนดวิธีการย้ายแทร็คซึ่งติดอยู่กับ Component

Mode 1) *None* หมายถึงแทร็คที่ติดกับ Component จะไม่ย้ายตาม 2) *Connected Track* หมายถึงแทร็คที่ติดกับ Component จะตามไปด้วย



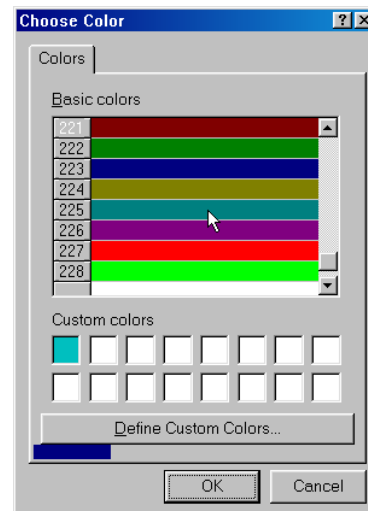
รูปที่ 7—9 Preference สำหรับเปลี่ยนสีของแต่ละ Layer

### แถบ Color

ขณะอยู่ใน PCB Editor เรียกคำสั่ง **Tools>>Preference** เลือกแถบ **Color** สำหรับ Preference นี้กำหนดสีซึ่งโปรเทลใช้วาดวัตถุต่างๆ

จากรูปที่ 7—9 จะเห็นแต่ละเลเยอร์กำหนดสีให้ โดยเฉพาะ ดังนั้นเมื่อวางวัตถุชนิดใดๆไปบนเลเยอร์จะทำให้ปรากฏสีตามนั้น หากต้องการเปลี่ยนสีให้คลิกที่ช่องสีจะเห็นรูปที่ 7—10 ปรากฏขึ้นเลื่อนไปเลือกสีที่ต้องการได้จากกรอบนี้ โปรเทลสนับสนุนจำนวนถึง 224 สี

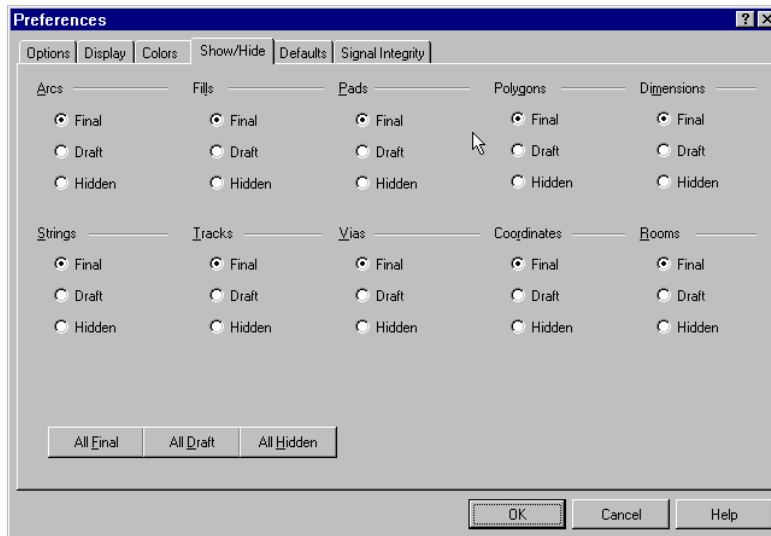
ปุ่ม **Default Color** คือเปลี่ยนสีไปเป็นชุดติดตั้ง  
 ปุ่ม **Classic Color** เปลี่ยนสีไปเป็นชุดสีดั้งเดิม



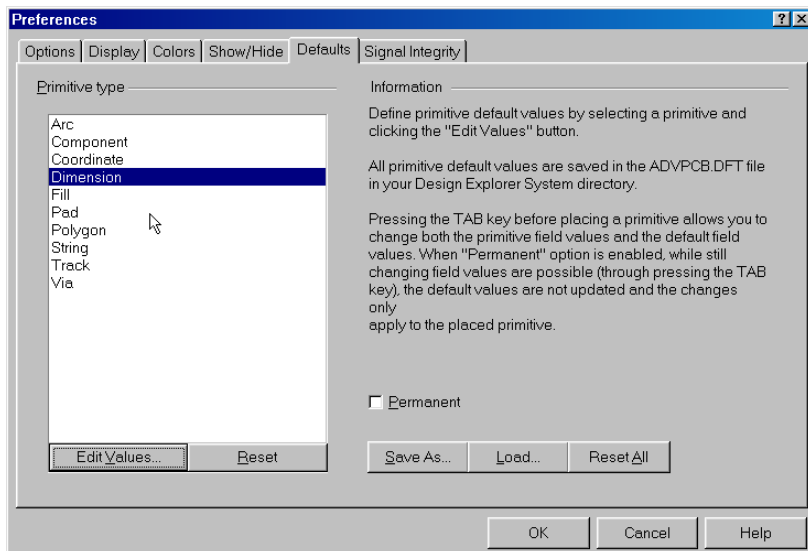
รูปที่ 7—10 เลือกสีจากทั้งหมด 224 ชุดสี

### แถบ Show/Hide

ขณะกำลังใช้ PCB Editor เรียกคำสั่ง **Tools>>Preference** เลือกแถบ **Show/Hide** จะเห็นกำหนดการ  
แสดง *Primitive* ด้วยคุณภาพระดับใด *Final* คือคุณภาพสูงสุดมีขนาดและสีเหมือนจริง *Draft* คือแสดง  
เป็นเส้นรอบรูป *Hidden* คือไม่ให้แสดง



รูปที่ 7—11 Preference ของ Show/Hide เพื่อกำหนดให้แสดงหรือไม่แสดง Primitive ต่างๆ



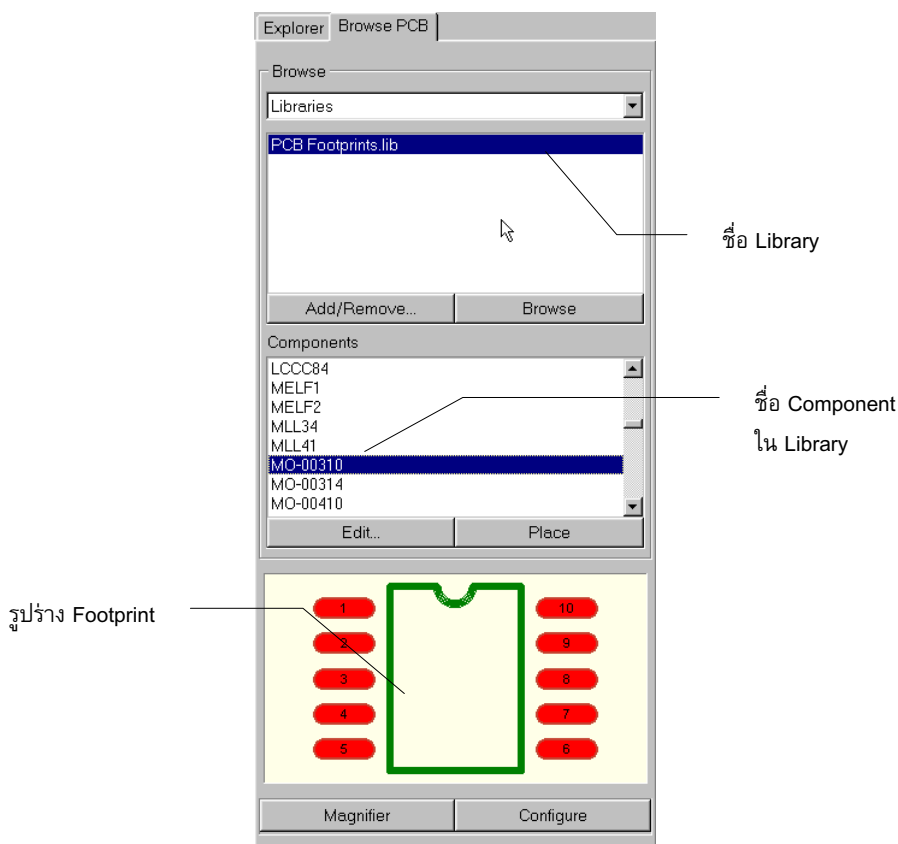
รูปที่ 7—12 กำหนดค่าตั้งต้นให้แก่ Primitive ต่างๆ

*Primitive*-หมายถึงชิ้นส่วนพื้นฐานสำหรับประกอบวัตถุ เช่น Component ประกอบด้วย Pads เส้นรอบรูปซึ่งวาดด้วยเส้นโค้ง(Arcs) และเส้นตรง(Tracks) ส่วน Ref. Des. สร้างด้วยข้อความ(Strings)

### แถบ Default Primitive

ขณะกำลังใช้ PCB Editor เรียกคำสั่ง **Tools>>Preference [T,P]** เลือกแถบ **Default Primitive** ในช่องนี้หมายถึงค่าตั้งต้นของแต่ละ Primitive เมื่อเรียกมาใช้ครั้งแรก หากต้องการแก้ไขค่าใดคลิกที่ชื่อ *Primitive* และคลิกที่ปุ่ม **Edit Value**

ค่าตั้งต้นของ Primitive ที่แก้ไขได้เช่น Layer, ขนาด text string, Color-สี เป็นต้น



รูปที่ 7—13 ในแถบ Browse ของ PCB panel

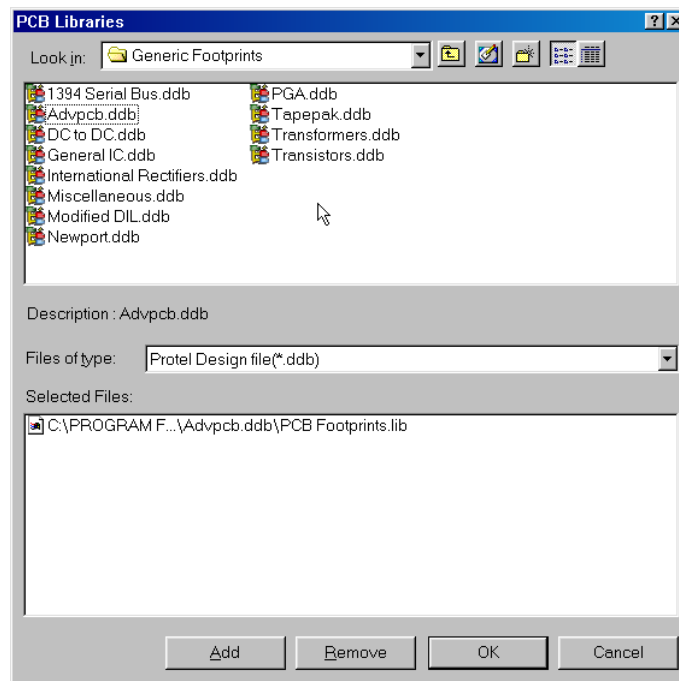
## การจัดการ Footprint

Footprint คือรูปร่างของอุปกรณ์ รูปที่เห็นคือมองจากด้านบนลงไปด้านล่าง มีขนาดเท่าขนาดจริง ประกอบด้วยรูปร่างเส้นรอบรูป(Outline) ในเลเยอร์ Silkscreen ขอบเส้นรอบรูปนี้ใช้เป็นแนวสำหรับขนาดอุปกรณ์ เพื่อให้ระหว่างออกแบบทราบขนาดและไม่วางอุปกรณ์ใกล้กันเกินไป มีแพดซึ่งแทน

ตำแหน่งขาอุปกรณ์ ต้องมีขนาดและระยะถูกต้อง ส่วนประกอบอื่นๆเช่น Ref. Des. ใ้บอกชื่ออ้างอิง เป็นต้น

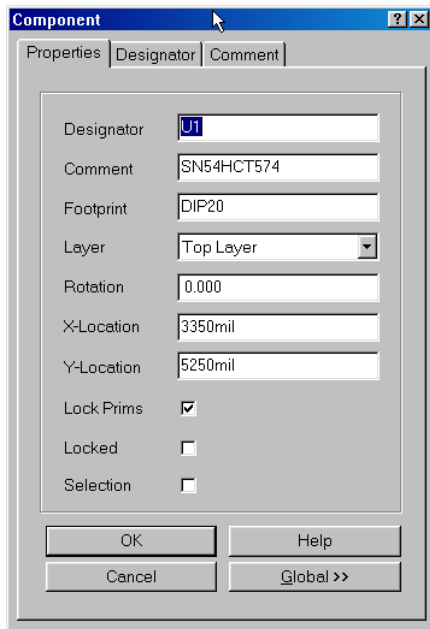
โปรเทลจะเก็บ Footprint ทั้งหมดกว่า 300 ชนิดไว้ในไลบรารีและเก็บอยู่ที่ไดเรกทอรี **\Program Files\ Design Explorer 99 SE\Library\PCB** แต่ละไลบรารีมีนามสกุลเป็น DDB และได้แยกชื่อไลบรารีไว้ตามชนิด Footprint เมื่อต้องการนำ Footprint มาใช้ จำเป็นต้องเพิ่ม Library เข้ามาในระบบก่อน

1. ขณะอยู่ใน PCB Editor คลิกที่แถบ **Browse PCB** จะเห็นรูปที่ 7—13 ปรากฏขึ้น ในช่อง **Browse** เลือก **Library** เพื่อให้แสดงชื่อไลบรารีที่เพิ่มไว้ กรณีไลบรารีซึ่งได้เพิ่มไว้แล้วหากต้องการดูรูปร่าง Footprint ให้คลิกที่ชื่อ ในช่อง Mini-Viewer จะแสดงรูปร่างให้เห็น
2. หากต้องการนำ Footprint ที่ปรากฏไปใช้ ให้คลิกที่ปุ่ม **Place** โดยทั่วไปไม่จำเป็นต้องวาง Footprint บน PCB ด้วยตนเอง ทั้งนี้เพราะวงจรใน PCB จะต้องตรงกับในสเค็มมาติก ทั้งชื่อและชนิดของ Footprint จะระบุมาจากสเค็มมาติกผ่านทางเน็ตลิสต์แล้ว การวาง Footprint ลงไปเองจะทำให้ความสอดคล้องระหว่าง PCB และสเค็มมาติกขาดลง
3. หากต้องการดู Footprint ไ้บรจจุอยู่ในไลบรารี ให้คลิกที่ปุ่ม **Browse** จะเห็นไดอะล็อกบ็อกซ์แสดงรายชื่อ Footprint และมีรูปภาพแสดงขนาด,ตำแหน่งขาปรากฏอยู่ด้วย



รูปที่ 7—14 เมื่อต้องการเพิ่ม Library เข้ามาในระบบ





รูปที่ 7—15 Properties ของ Footprint ซึ่งแก้ไขได้

4. หากต้องการเพิ่มไลบรารีคลิกที่ปุ่ม **Add/Remove** จะเห็นรูปที่ 7—14 ปรากฏขึ้น

5. เลือกชื่อไลบรารีที่ต้องการ คลิกที่ปุ่ม **Add**

#### เมื่อต้องการเปลี่ยนคุณสมบัติของ Footprint

เมื่อต้องการเปลี่ยนคุณสมบัติ Footprint ของอุปกรณ์ ซึ่งวางไปบน PCB แล้ว ให้ดับเบิลคลิกที่ Component แกะไขช่องต่างๆดังแสดงในรูปที่ 7—15

#### การสร้าง Library ของทั้งโครงการ

โดยทั่วไปการสร้างชิ้นงาน PCB หนึ่งชิ้นจะประกอบด้วยอุปกรณ์(Component) จำนวนมาก แต่ละอุปกรณ์จะใช้ Footprint จากไลบรารีต่างๆมากกว่าหนึ่งชุดเสมอ ดังนั้นการสำรองข้อมูล(Backup) ถ้าจะให้สมบูรณ์จำเป็นต้องสำรองไลบรารีของ Footprint ที่ใช้ด้วย แต่การสำรองไลบรารีจะไม่สามารถเลือกสำรองเฉพาะ Footprint ที่ต้องการจะต้องสำรองทั้งไฟล์ทั้งหมด

โปรเทลแก้ปัญหาโดยเพิ่มคำสั่งสร้างไลบรารีใหม่ประกอบด้วย Footprint เฉพาะที่ได้ใช้ไปบน PCB เท่านั้น วิธีสร้างคือเมื่ออยู่ใน PCB Editor เรียกคำสั่ง **Design>>Make Library** รอสักครู่หนึ่งโปรเทลจะสร้างไลบรารีใหม่เป็นเอกสารอยู่ในโฟลเดอร์เดียวกับชิ้นงาน ภายในมีรายชื่อ Footprint ซึ่งได้นำมาใช้ทั้งหมดบนแผ่น PCB ชื่อไลบรารีคือชื่อเดียวกับ PCB แต่มีนามสกุล .LIB

### กฎการออกแบบ (Design Rules)

เนื่องจากการออกแบบ PCB ในปัจจุบันมีความต้องการของวงจรซับซ้อนมากกว่าในอดีตเป็นอย่างมาก ไม่ใช่เพียงคำนึงถึงการวางวัตถุไปบนบอร์ดและระมัดระวังไม่ให้อุปกรณ์วางเหลื่อม ไม่ให้แทร็คเดินใกล้กันอีกต่อไปเท่านั้น บอร์ดรุ่นใหม่ต้องการให้ตรวจสอบรูปร่างสัญญาณ การหน่วงเวลา จำกัดความยาวของแทร็ค ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นความต้องการทั่วไปในการออกแบบวงจรความเร็วสูงและซอฟต์แวร์สมัยใหม่ จำเป็นต้องสนับสนุนให้ได้ โปรเทลได้เพิ่มกฎการออกแบบซึ่งครอบคลุมประเด็นต่างๆเช่นพื้นฐานการออกแบบ การตรวจสอบระยะห่าง และที่ซับซ้อนขึ้นไปเช่นการตรวจสอบ Signal Integrity ทั้งนี้เพื่อให้ชิ้นงานที่สร้างขึ้น มั่นใจได้ในระดับเบื้องต้น ก่อนนำไปทำต้นแบบจริง ทั้งนี้จะช่วยลดขั้นตอนการพัฒนาให้เร็วขึ้นนั่นเอง

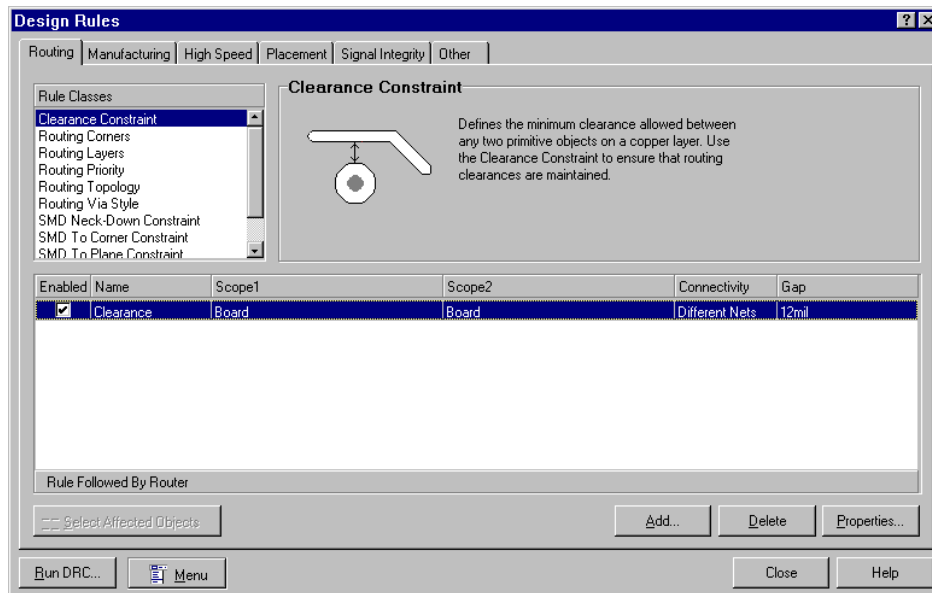
การกำหนดกฎการออกแบบคือการกำหนดชุดของความต้งการให้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการตรวจสอบ เรียกว่าขอบเขตการตรวจสอบ (Rule Scope) ซึ่งขอบเขตนี้มีการแบ่งลำดับความสำคัญเป็นชั้นๆ รายละเอียดของกฎการออกแบบแบ่งได้เป็นดังนี้

- Routing— กำหนดกฎการเดินเส้นแทร็ค (Track Routing) เช่นขนาดเส้น, การเดินหักมุมหรือเดินเส้นโค้ง, เลเยอร์ของแทร็ค และระยะห่างระหว่างแทร็ค
- Manufacturing— กำหนดกฎการสร้างอาร์ทเวิร์ค(Artwork) เพื่อให้เหมาะแก่การผลิตเช่น กำหนดวิธีเชื่อม Plane เข้ากับ Pin จะให้มี Thermal Pad และมีรายละเอียดอย่างไร, การขยายขนาด Solder Mask โดยใช้ขนาด Pad เป็นเกณฑ์ออกไปเป็นจำนวนเท่าใด เป็นต้น
- High-Speed— กำหนดกฎสำหรับการออกแบบวงจรความเร็วสูง เช่นควบคุมความยาวแทร็คไม่เกินกว่าเท่าใด, ควบคุมความยาวระหว่างเน็ทสองชุดให้ใกล้เคียงกัน เป็นต้น
- Placement— กำหนดกฎสำหรับการวางอุปกรณ์ ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์, ทิศทางการวางอุปกรณ์
- Signal Integrity— กำหนดกฎสำหรับควบคุมความถูกต้องของสัญญาณ(วิธีจำลองการทำงาน)เมื่อเดินทางผ่านแทร็คไปถึงอินพุทของอุปกรณ์ มีประโยชน์ในกรณีออกแบบดิจิทัลความเร็วสูง
- Others— อื่นๆ

เมื่อต้องการกำหนดกฎการออกแบบจะต้องอยู่ใน PCB Editor เรียกคำสั่ง **Design>>Rules [D,R]** จะเห็นไดอะล็อกบ็อกซ์ของ Design Rules ปรากฏขึ้น ภายในไดอะล็อกบ็อกซ์จะมีแถบต่างๆคือ Routing, Manufacturing, High Speed, Placement, Signal Integrity และ Others ในแต่ละแถบจะมีรายละเอียดย่อยลงไป

### Design Rules ของ Routing

ในแถบแรกของ Design Rule คือ *Routing* ในช่อง Rules Class คือชื่อกฎต่างๆที่มีให้เลือกใช้ทางด้านขวาของ Rule Class คือคำอธิบายของกฎข้อนั้นๆ เช่นเมื่อคลิกที่ *Clearance* จะเห็นด้านขวามีอธิบายความหมายของกฎข้อนี้พร้อมทั้งมีรูปแสดงรายละเอียดประกอบ ในช่องด้านล่างแสดงรายชื่อกฎซึ่งได้เลือกมาใช้ คำว่า *Enable* และมีเครื่องหมายถูกหน้ากฎในช่องนี้หมายถึงกฎที่ได้กำหนดไว้แล้วและเลือกใช้ หากไม่ต้องการใช้กฎข้อที่กำหนดไว้ในข้อใด ให้คลิกเพื่อลบเครื่องหมายถูกออก เมื่อต้องการกำหนดกฎใดให้คลิกที่ชื่อกฎจากนั้นคลิกที่ปุ่ม **Add** ชื่อของกฎจะมาปรากฏในช่อง *Enable* การเพิ่มกฎข้อบังคับ(Rules Class) ต้องกำหนดขอบเขตการบังคับของกฎ(Rule Scope) ให้มีผลต่อวัตถุใดได้บ้าง เช่น Net, Pad, Component เป็นต้น



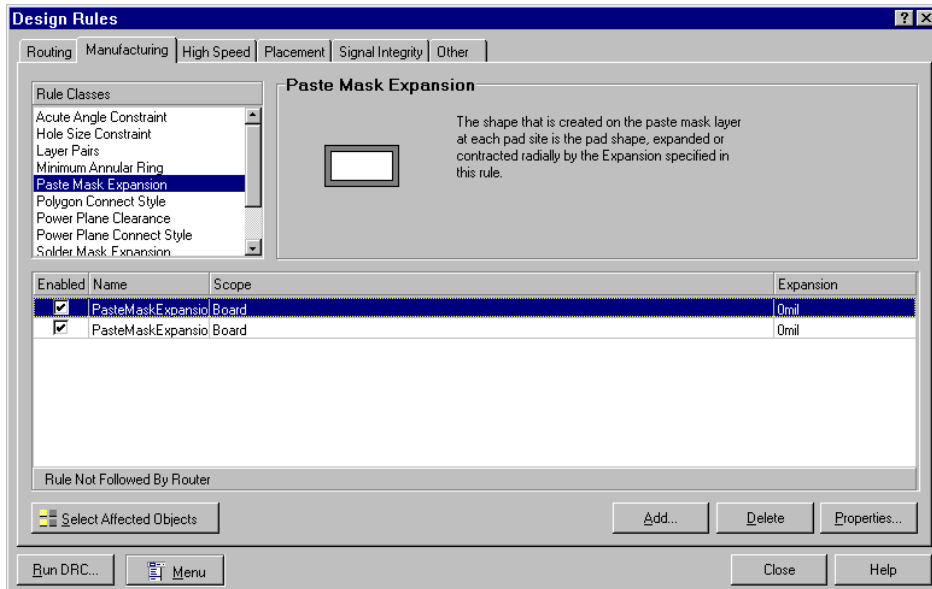
รูปที่ 7—16 กำหนด Rules Class ของ Routing

สำหรับ Rules Class ของ Routing มีความหมายดังนี้

Clearance Constraint	กำหนดระยะห่างน้อยสุดระหว่างวัตถุบนเลเยอร์สัญญาณทางไฟฟ้า
Routing Corners	กำหนดวิธีเดินเส้นที่มุม เลือกได้เป็น 90, 45 องศา หรือเป็นมุมโค้ง
Routing Layers	กำหนดเลเยอร์สำหรับแทร็คและทิศทางเส้น เช่น แนวนอน, แนวตั้ง, เฉียง
Routing Priority	กำหนดลำดับความสำคัญการเดินเส้น ค่า 100 คือสูงสุดจะเดินก่อน ส่วนค่า 0 คือต่ำสุด มักกำหนดกับเน็ตที่สำคัญและต้องการให้ AutoRoute พิจารณาก่อน
Routing Topology	กำหนดวิธีการจัดเรียง Connection ระหว่างขาของอุปกรณ์ โดยทั่วไปจะกำหนดเป็น Shortest (สั้นที่สุด) ค่าอื่นๆที่เลือกได้คือ Horizontal, Vertical, Daisy-Simple, Daisy-Mid Driven, Daisy-Balance การกำหนด Connection มีผลต่อการเดินแทร็คเพราะ AutoRoute จะเดินแทร็คตาม Connection
Routing Via Style	กำหนดขนาด pad(เส้นผ่าศูนย์กลางของขนาดขา) และรูเจาะ(hole) ของเวีย(via)
SMD Neck-Down	กำหนดสัดส่วนระหว่างความกว้างแทร็คและขนาดแพ็ดของ SMD หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์
SMD to Corner Constraint	กำหนดระยะห่างน้อยสุดจากแพ็ดของ SMD ไปที่จุดหักมุมแรก

คู่มือ Protel99

SMD to Plane Constraint      กำหนดระยะห่างมากที่สุดจากแพ็ดของ SMD ไปยัง Copper plane  
Routing Width                      กำหนดขนาดแพ็ด



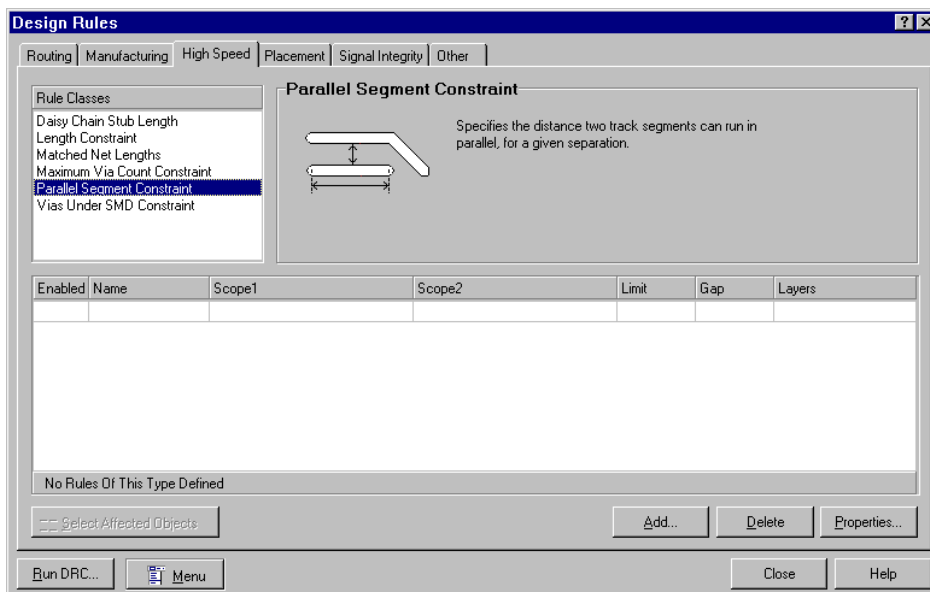
รูปที่ 7—17 แสดง Design Rules ของ Manufacturing

### Design Rules ของ Manufacturing

สำหรับ Design Rules ของ Manufacturing มีความหมายดังนี้

- Acute Angle Constraint**      กำหนดมุมระหว่างเส้นที่จุดหักมุมน้อยที่สุด เช่นหากเส้นหักเป็นมุมแหลมอาจจะเกิดปัญหาเส้นขาดได้
- Hole Size Constraint**      กำหนดขนาดรูเจาะเล็กที่สุดและใหญ่ที่สุด กำหนดเป็นหน่วยวัดหรือเป็นเปอร์เซ็นต์ของขนาดแพ็ดได้
- Layer Pairs**                      กำหนดคู่ของเลเยอร์สำหรับเจาะรูถึงกัน PCB บางชั้นจะเจาะรูเวียจากด้านบน แต่ไม่ทะลุด้านล่าง Layer Pair นี้ต้องตรงกับ Drill Pair (คู่การเจาะรู)ซึ่งโปรเทลจะค้นหาจากแพ็ดและเวีย
- Minimum Annular Ring**      ขนาดเล็กสุดของ Annular Ring(วงกลมวงแหวน) หรือระยะที่วัดจากรูเจาะไปถึงขอบของแพ็ดเพื่อให้แน่ใจว่ามีขนาดเหลือพอจะไม่ทำให้เกิดปัญหาในการผลิต
- Paste-Mask Expansion**      กำหนดการขยายหรือลด สำหรับทำหน้าที่กากป้ายกาวตะกั่วของขา SMD

Polygon Connect Style	กำหนดวิธีต่อแพ็ดและเวียเข้ากับ polygon plane ทางเลือกคือต่อตรงหรือใช้ Thermal relief (รูปร่างแพ็ดชนิดมีกึ่งคล้ายรูปกากบาท)
Power Plane Clearance	กำหนดระยะห่างของแพ็ดและเวียซึ่งไม่ต่อเข้ากับ power plane
Power Plane Connect Style	กำหนดวิธีต่อแพ็ดและเวียของเน็ต Power เข้ากับ power plane เลือกได้คือต่อตรงหรือใช้ Thermal relief
Solder-Mask Expansion	การสร้าง Solder Mask ทำโดยขยายขนาดตามรูปร่างแพ็ด จำนวนที่ขยายหรือลดกำหนดจากกฎข้อนี้
Test-point Style	กำหนดชนิดจุดทดสอบ(Test-point) เลือกได้เช่น จากด้านบนของ SMD (Top-SMD), จากด้านล่างของ SMD (Bottom-SMD), จากเวียด้านบนหรือด้านล่าง, จากแพ็ดชนิดรูเจาะทะลุทั้งด้านบนและด้านล่าง(Through hole)
Test-point Usage	กำหนดให้เน็ตใดจะต้องมี Test-point



รูปที่ 7—18 แสดง Design Rules ของ High Speed

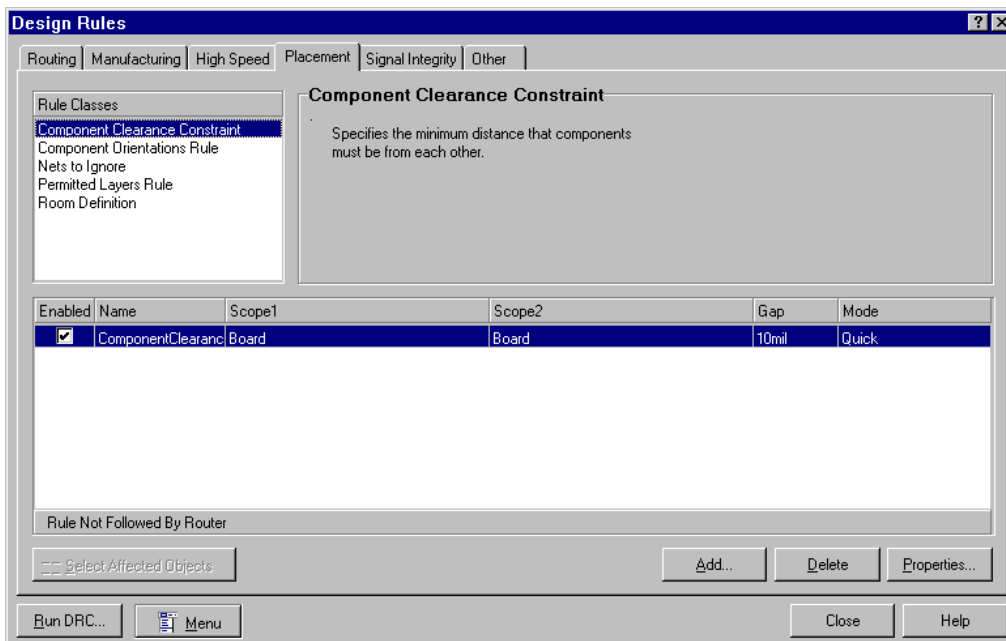
### Design Rules ของ High Speed

สำหรับ Design Rules ของ High Speed มีความหมายดังนี้

Daisy Chain Stub Length	กำหนดขนาดความยาวของ Stub (ส่วนของแทร็คที่ยื่นออกมาจากแทร็คหลักเล็กน้อย) มากที่สุดสำหรับการเดินเส้นลักษณะ daisy-chain
-------------------------	--

คู่มือ Protel99

Length Constraint	บังคับความยาว น้อยสุดและมากที่สุดของเน็ต
Matched Net Lengths	บังคับให้เน็ตสองชุดมีความยาวใกล้เคียงกัน ระยะความผิดพลาดกำหนดได้จาก Tolerance เมื่อกำหนดและเดินเน็ตชุดแรกแล้วแล้ว ต้องการให้เน็ตที่สองมีความยาวใกล้เคียงกัน ใช้คำสั่ง <b>Tools&gt;&gt; Equalize NetLength</b> โปรแกรมจะใส่แทร็คออสลับไปมา มองคล้าย หีบเพลง เพื่อชดเชยความยาว
Max Via Count Constraint	กฎซึ่งบังคับให้ใส่เวียน้อยที่สุด
Parallel Segment Constraint	กฎบังคับระยะห่างระหว่างช่วงของแทร็ค
Vias Under SMD Constraint	เลือกจะใส่เวียภายใต้แพ็ดของ SMD



รูปที่ 7—19 Design Rules สำหรับ Placement

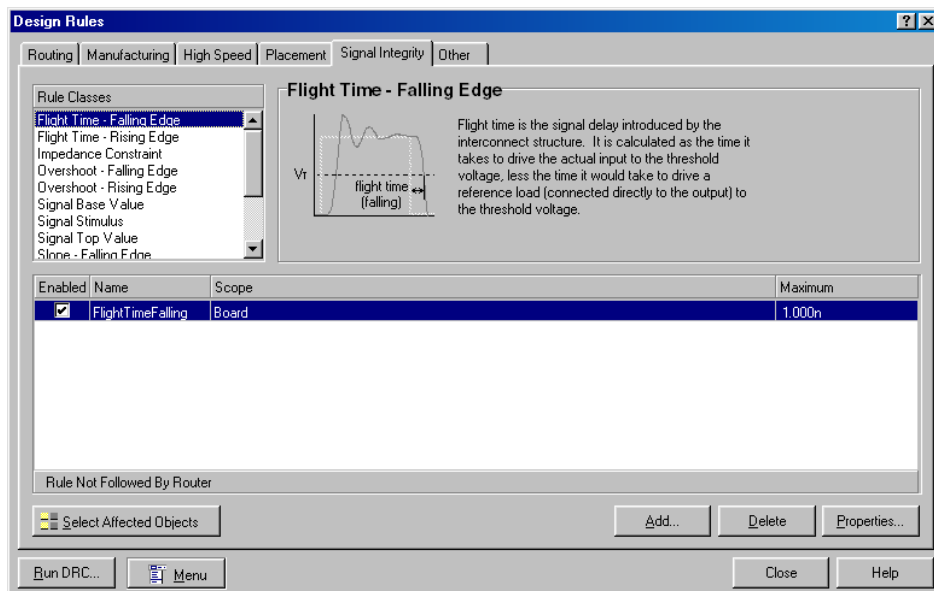
### Design Rules สำหรับ Placement

สำหรับ Design Rules ของ Placement มีความหมายดังนี้

#### Component Clearance Constraint

บังคับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ขณะวางอุปกรณ์บนบอร์ด โปรแกรมใช้เส้นรอบรูปอุปกรณ์เป็นขอบเขตสำหรับตรวจสอบ เลือกวิธีหาเส้นรอบรูปอุปกรณ์ได้ 3 วิธีคือ 1) **Quick**-หมายถึงสร้างกรอบสี่เหลี่ยมที่คลุมทุกอย่างของอุปกรณ์และใช้กรอบสี่เหลี่ยมนี้หาระยะ

- ห่างจากตัวอื่น ๆ 2) **Multilayer Check**-คล้ายวิธีแรกแต่ตรวจทุกเลเยอร์ 3) **Full Check** ใช้รูปร่างที่แท้จริง มักใช้กับอุปกรณ์รูปร่างแปลกๆ
- Component Orientation Rule      บังคับทิศทางการวางอุปกรณ์
- Nets to Ignore                              กำหนดไม่ต้องงำเน็ท มารวมคำนวณความยาวระหว่างทำ Auto-Placement เช่นเน็ทซัพพลายเป็นต้น
- Permitted Layers Rule                      บังคับให้อุปกรณ์อยู่เลเยอร์ใดได้บ้าง ระหว่างทำชั้นตอน Cluster Placement
- Room Definition                              กำหนดพื้นที่สี่เหลี่ยม สำหรับบังคับให้อุปกรณ์อยู่หรือไม่อยู่ในนั้น



รูปที่ 7—20 Design Rules สำหรับ Signal Integrity

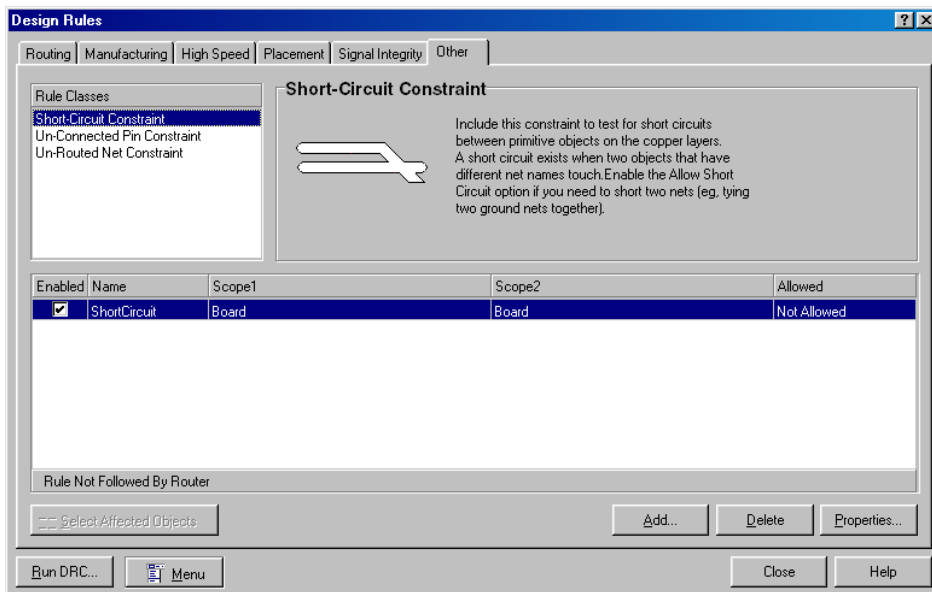
### Design Rules สำหรับ Signal Integrity

สำหรับ Design Rules ของ Signal Integrity มีความหมายดังนี้

- Flight Time                                      บังคับสัญญาณหน่วง(Delay)เกิดขึ้นเมื่อสัญญาณเดินทางผ่านแทร็ค และช่วงต่อต่างๆ วัดทางด้านสัญญาณขาขึ้นคือ Flight Time Rising Edge ส่วนวัดทางสัญญาณขาลงเรียกว่า Flight Time Falling Edge
- Impedance Constraint                      บังคับค่าอิมพีแดนซ์ของเน็ท คำนวณได้จากลักษณะทางกายภาพของแทร็ค ชนิดของวัสดุที่ทำ PCB, ความหนาของ PCB เป็นต้น

คู่มือ Protel99

Overshoot	บังคับระดับสัญญาณที่กระเพื่อมสูง(Over Shoot) ไปกว่าระดับปกติ ทั้งด้านขาขึ้นของสัญญาณ(Rising Edge) และขาลง(Falling Edge) การกระเพื่อมเกิดจากการสวิตซ์สัญญาณความเร็วสูง
Signal Base Value	กำหนดระดับสัญญาณต่ำสุด เมื่อสัญญาณผ่านช่วงเปลี่ยนแปลงมาสู่สภาวะสงบ
Signal Stimulus	กำหนดลักษณะสัญญาณกระตุ้น นี่คือนำสัญญาณใช้ป้อนที่ขาเอาต์พุตทีละครั้ง จากนั้นวัดผลตอบสนอง ค่าแยะสุดจะถูกนำมาแสดง
Signal Top Value	กำหนดระดับสัญญาณสูงสุด เมื่อสัญญาณผ่านช่วงเปลี่ยนแปลงมาสู่สภาวะสงบ
Slope	กำหนดระยะเวลาที่สัญญาณเปลี่ยนผ่านจุดกำหนด(Threshold) ไปสู่ภาวะสูง(Slope Rising Edge) หรือต่ำ (Slope Falling Edge)



รูปที่ 7—21 Design Rule ช่อง Others

Supply Net	กำหนดชื่อเน็ตทำหน้าที่เป็นซัพพลาย
Undershoot	บังคับระดับสัญญาณกระเพื่อมต่ำ(Under Shoot) ไปกว่าระดับปกติ ทั้งด้านขาขึ้นของสัญญาณ(Rising Edge) และขาลง(Falling Edge) การกระเพื่อมเกิดกับการสวิตซ์สัญญาณความเร็วสูง

### Design Rule ของ Others

สำหรับ Design Rule ของ Others มีความหมายดังนี้คือ



Short Circuit Constraint	กำหนดกฎเพื่อให้ตรวจสอบการลัดวงจรระหว่างวัตถุต่างๆ ที่ใส่เข้าไปในเลย์เออร์สัญญาณ วัตถุจะถือว่าลัดวงจรเมื่อมีเน็ตต่างกันมาสัมผัสกัน หรือทับกัน
Un-Connected Pin Constraint	กำหนดให้ตรวจสอบขาที่ไม่มีเน็ตและแพริคต่อไปถึง
Un-Routed Net Constraint	กำหนดให้ตรวจสอบเน็ตที่เดินแพริคไม่สมบูรณ์

### การกำหนดขอบเขตการใช้กฎ (Rule Scope)

เมื่อต้องการใช้กฎการออกแบบจำเป็นต้องกำหนดขอบเขตการบังคับหรือ **Rule Scope** ขอบเขตการบังคับจะแบ่งเป็นลำดับชั้นจากความสำคัญต่ำไปสู่ความสำคัญสูง สามารถกำหนดกฎได้กับทุกขอบเขตขึ้นอยู่กับว่าเป็นกฎข้อใด ระดับของขอบเขตมีดังนี้

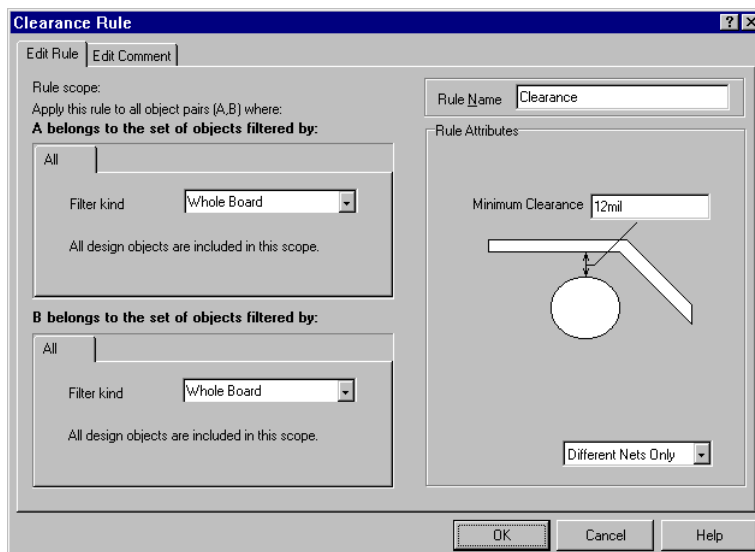
ชื่อขอบเขต	ความหมาย
Region	คือพื้นที่กำหนดบริเวณล้อมรอบวัตถุบน PCB วัตถุจะถูกพิจารณาอยู่ใน Region เมื่อรูปสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดที่ล้อมรอบวัตถุ ตกอยู่ใน Region นั้น Region มีลำดับความสำคัญสูงสุด
Pad	คือตำแหน่งสำหรับยึดขาอุปกรณ์ หมายถึงแพ็ดทั่วไป
Footprint-pad	เจาะจงไปที่แพ็ดของ Footprint ใดๆ
Via Specification	เจาะจงไปที่เวีย ที่เข้าในข้อกำหนด
Pad specification	เจาะจงไปที่แพ็ด ที่เข้าในข้อกำหนด
Pad class	กลุ่มของแพ็ด
From-To	เส้นเชื่อมต่อระหว่างแพ็ดถึงแพ็ด กำหนดได้จาก <i>Design&gt;&gt;From-To Editor</i>
From-To Class	กลุ่มของ From-To หลายๆชุด
Net	เจาะจงไปที่ทุกอย่างเพื่อประกอบเป็นเน็ตนั้น เช่นแพริค, เวีย, แพ็ด และรูปทองแดงที่ปเป็นต้น
Net Class	กลุ่มของเน็ต
Component	เจาะจงไปที่อุปกรณ์
Component Class	กลุ่มของอุปกรณ์
Footprint	เจาะจงไปที่อุปกรณ์ที่มี Footprint ตามกำหนด
Object Kind	เจาะจงไปที่วัตถุโดยตรง
Layer	เจาะจงไปที่วัตถุทุกอย่างซึ่งอยู่บนเลย์เออร์
Whole Board	มีลำดับความสำคัญต่ำสุด เจาะจงไปที่วัตถุทุกอย่างบน PCB ซึ่งกฎสามารถใช้บังคับได้

คู่มือ Protel99

เมื่อกำหนดกฎให้แต่ละขอบเขต และถ้าหากกฎทับกัน ขอบเขตที่อยู่ลำดับสูงกว่าจะใช้แทน เช่นกำหนด Clearance ของ Whole Board เป็น 10mils หมายความว่าวัตถุทุกอย่างจะต้องมีระยะห่างอย่างน้อย 10mils ทั้งหมด แต่ถ้าเพิ่มกฎ Clearance สำหรับ Net +5V เป็น 15mils ทับซ้อนไปอีกชั้น กฎข้อเดิมยังคงมีอยู่ไม่ถูกยกเลิก แต่การบังคับใช้จะเปลี่ยนเป็น วัตถุทุกอย่างบนบอร์ดจะต้องมีระยะห่าง 10mils ส่วน +5V จะมีระยะห่างเป็น 15mils ที่เป็นเช่นนี้เพราะ Whole Board คือขอบเขตที่อยู่ลำดับต่ำและขอบเขต Net อยู่ในลำดับที่สูงกว่า ดังนั้นกฎใดที่ใช้จะทับซ้อนและมีผลบังคับเฉพาะขอบเขตที่สูงกว่า

ข้อสังเกตคือขอบเขตที่มีลำดับความสำคัญสูงจะครอบคลุมวัตถุแคบลงเช่น Whole Board จะหมายถึงวัตถุทุกอย่างบนบอร์ด แต่ Net จะครอบคลุมเฉพาะเน็ตที่ได้กำหนดไว้เท่านั้น เราสามารถใช้ประโยชน์ของขอบเขตนี้สร้างกฎของชั้นงานซับซ้อนได้

กฎแต่ละชนิดเลือกกำหนดขอบเขตได้ไม่เท่ากัน จะทราบได้ว่ากฎใดกำหนดขอบเขตได้เท่าใด ต้องดูในไดอะล็อกบ็อกซ์ของ Add Rules เมื่อต้องการเพิ่มกฎในบอร์ดชั้นแรกใช้คำสั่ง Design>>Rule [D,R] จะเห็นไดอะล็อกบ็อกซ์เหมือนรูปที่ 7—21 เลือกแถบที่ต้องการและเลือกชื่อ Design Rule ที่ต้องการ จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Add



รูปที่ 7—22 แสดง Rule Scope ของ Clearance Rule ใน Routing

จากรูปที่ 7—22 คือตัวอย่างไดอะล็อกบ็อกซ์ของ Clearance สำหรับกฎข้อ Routing จะเห็นว่า มี Rule Scope สองช่องคือ A และ B ในช่อง Filter Kind เลือกขอบเขตการบังคับ กฎแต่ละข้อจะมีขอบเขตไม่เท่ากันดูได้จากตารางในช่องนี้ โปรแกรมจะเรียงขอบเขตที่เลือกได้ตามลำดับความสำคัญให้ด้วย

การบังคับใช้กฎมีสองชนิดคือ Unary และ Binary ชนิด Unary หมายถึงขอบเขตนี้ทำกับวัตถุเดียวเช่น Solder Mask Expansion (การสร้างพิมพ์เขียวโดยขยายจากแพ็ดอุปกรณ์) เพราะมีผลกับแพ็ด

ที่เจาะจงเท่านั้น ส่วน Binary หมายถึงมีผลต่อระหว่างวัตถุเช่น Clearance ซึ่งกำหนดระยะห่างระหว่างวัตถุ หากกฎใดเป็น Unary ในไดอะล็อกบ็อกซ์จะแสดงขอบเขตเฉพาะ A สำหรับ Binary จะแสดงทั้ง A และ B

ทางด้านขวาของไดอะล็อกบ็อกซ์แสดง Attribute หรือรายละเอียดของกฎข้อนั้นเช่น Clearance จะกำหนดระยะห่างตั้งนั้นค่าที่ให้ใส่ได้จะเป็นตัวเลข ส่วนในช่องดรอปดาวน์เลือกได้จะบังคับระหว่างเน็ตเดียวกันหรือต่างกัน ช่อง Attribute นี้จะเปลี่ยนไปในแต่ละกฎ

### เมื่อใดโปรเทลจะตรวจสอบ Design Rules

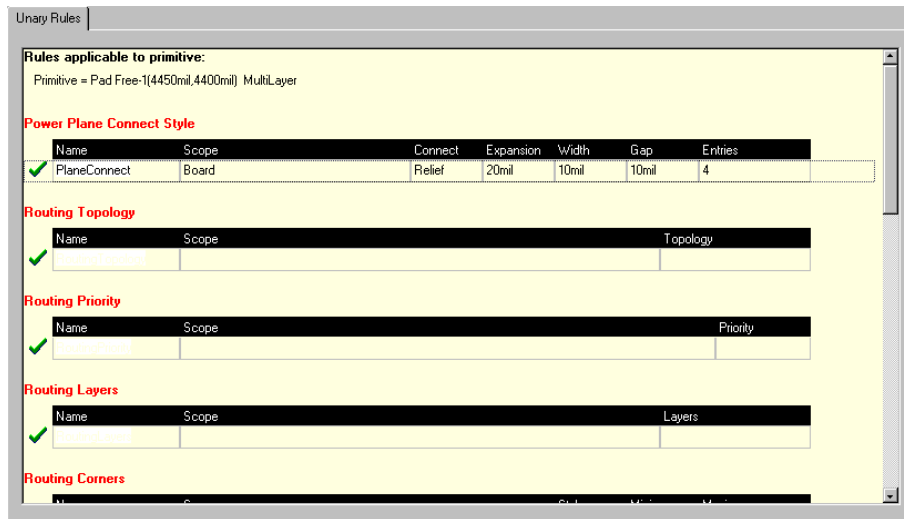
โปรเทลจะตรวจสอบกฎการออกแบบภายใต้สถานะการณดังต่อไปนี้

1. เมื่อใช้สั่งตรวจสอบชนิดทันที(Online Design Rule Check) กำหนดในคำสั่ง **Preference>>Option** ในช่อง **Online DRC** ถ้าหากมีวัตถุใดล้ำกฎโปรเทลจะแสดงสีเน้น (กำหนดจาก **Tools>>Preference>>Color** ในช่อง **DRC color**)
2. เมื่อใช้คำสั่ง **Tools>>Design Rule Check** เป็นการตรวจสอบชิ้นงานวิธีหนึ่งแต่จะทำงานเมื่อสั่งเท่านั้น จะเห็นไดอะล็อกบ็อกซ์แสดงชื่อกฎให้เลือก เมื่อเลือกเสร็จให้คลิกที่ปุ่ม **Run DRC**
3. ระหว่างการทำงานของซอฟต์แวร์ เช่นระหว่างทำ Auto Route, ระหว่างทำ Auto Place เป็นต้น โปรเทลจะนำกฎซึ่งกำหนดไว้มาเป็นข้อบังคับให้ Auto Route ทำงานตามต้องการ

### การตรวจสอบวัตถุที่ใช้ Design Rule ได้บังคับ

เมื่อต้องการทราบว่ามีพื้นที่ทำงานซึ่งประกอบไปด้วยวัตถุจำนวนมาก ใช้กฎข้อใดเป็นตัวบังคับมีทางทำได้ 2 ทางใหญ่ๆคือ

1. ระหว่างอยู่ใน PCB Editor เรียกป๊อปอัพเมนูจากเมาส์ปุ่มขวา เรียกคำสั่ง **Applicable Unary Rules** หรือ **Applicable Binary Rules** เมื่อเรียกคำสั่งแล้ว โปรเทลจะรอให้เลือกวัตถุบนบอร์ด คำสั่ง **Unary** จะรอให้เลือกวัตถุชิ้นเดียว ส่วน **Binary** จะรอให้เลือกสองชิ้น ผลการตรวจสอบโปรเทลจะสร้างเป็นไฟล์รายงานในหน้าต่างใหม่ปรากฏดังรูปที่ 7—23 แต่ละช่องมีชื่อกฎแสดงอยู่บนหัวตาราง ส่วนกฎข้อใดใช้บังคับจะมีเครื่องหมาย “ถูก” ปรากฏ สำหรับเครื่องหมาย “ผิด” หมายถึงมีกฎอยู่แต่ลำดับความสำคัญต่ำกว่า จึงไม่ได้บังคับ



รูปที่ 7—23 ตรวจสอบกฎซึ่งบังคับวัตถุใดบ้าง

- วิธีที่ 2 คือจากแถบ Browse PCB เลือกไปที่ Browse Rules จากนั้นคลิกชื่อ Rules ที่ต้องการ ชื่อ Rules จะแสดงเฉพาะที่ได้สร้างไว้ จากนั้นคลิกที่ปุ่ม **Select** หรือ **Highlight** เพื่อดูวัตถุกฎนั้นมีบังคับผลบนพื้นที่บอร์ด

#### ตัวอย่างการกำหนด Design Rules

- เนื่องจากเน็ตซัพพลายต้องสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้ามากกว่าเน็ตทั่วไป ดังนั้นจึงต้องการกำหนดให้เวียของ +5V และ GND มีขนาด 80mils และรูเจาะ 32mils ส่วนเวียสัญญาณอื่นๆมีขนาดเล็กกว่าคือ 50mils และรูเจาะ 32mils เป็นต้น ขั้นตอนคือต้องกำหนดกฎ *Routing Via Style* ใน *Design>>Rule* แถบ *Routing* เลือก Rule Scope เป็น *Whole Board* และกำหนดขนาดเวียเป็น 50mils จากนั้นกำหนด *Routing Via Style* จาก *Design>>Rule* อีกครั้งแต่เลือก Rule Scope เป็น *Net* ใส่ชื่อคือ +5V และกำหนดขนาดเป็นเวียขนาด 80mils จะเห็นว่าต้องกำหนด Rules กับทั้ง *Net +5V* และ *GND* สองครั้ง สามารถแก้ไขได้โดยเปลี่ยน Rule Scope เป็น *Net Class* แต่ต้องกำหนด *Net Class* ให้ประกอบด้วย +5V และ GND มาก่อน
- เนื่องจากเน็ต CLK เป็นสัญญาณนาฬิกาความถี่สูง ดังนั้นจึงต้องการให้เน็ต CLK เดินได้เฉพาะเลเยอร์ TOP เท่านั้น ไม่ต้องข้ามไปเลเยอร์ Bottom และถ้าหากใกล้เน็ต GND ให้ระยะห่างเพียง 10mils แต่ถ้าใกล้เน็ตอื่นๆต้องห่าง 15mils วิธีการให้กำหนดกฎ *Routing Layer* ใน *Design>>Rule* แถบ *Routing* เพิ่มกฎและกำหนด Rule Scope เป็น *Net* และตั้งชื่อ Net คือ *CLK* ส่วน Attribute ให้เลือกเฉพาะด้าน *TOP* เป็น *Any Angle* ส่วนที่เลเยอร์ *Bottom* เลือก *Not use* ขั้นตอนต่อไปกำหนดกฎ *Clearance Constraint* เริ่มแรกกำหนด Clearance ของ Rule Scope คือ *Whole Board* ให้เป็น 15mils จากนั้นกำหนดกฎ *Clearance Constraint* อีกครั้งแต่เลือก Rule Scope เป็นระหว่าง *Net*

CLK และ GND และกำหนดเป็น 10mils เนื่องจาก Rule Scope ของ Net อยู่สูงกว่า Whole Board ดังนั้นเฉพาะกฎที่กำหนดกับขอบเขต Net จะถูกใช้แทน Whole Board ส่วน Net ใดที่ไม่ได้กำหนด จะใช้ค่าจาก Whole Board ทั้งหมด

## สรุป

ในบทนี้เราได้เรียนรู้ส่วนพื้นฐานต่างๆของ PCB เช่น Track, Pad, Via, Hole, Reference Designator เป็นต้น ได้เรียนรู้การควบคุมการมอง การขยาย การย่อ ทำความเข้าใจเรื่อง Layer, Preference ต่างๆ และเรื่อง Design Rules ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมากของการออกแบบ PCB เพราะบนแผ่น PCB มีวัตถุต่างๆมากมาย กฎการออกแบบจะใช้บังคับวัตถุต่างๆให้มีพฤติกรรมต่างกัน เช่น Net Power จะมีระยะห่างจาก Net อื่นมากกว่า และใช้ Via ขนาดต่างกัน, Net CLK จะเดินเส้นได้เฉพาะ Layer TOP และต้องเดินก่อนเส้นอื่นๆ เป็นต้น