

# 9

## การจัดเรียง (Placement)

ในบทนี้ท่านจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับ

- คำสั่งเบื้องต้นสำหรับย้ายอุปกรณ์
- การทำงานร่วมกันระหว่าง Schematic และ PCB
- กฎการออกแบบ (Design Rules) ของ Placement
- คำสั่งเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ชนิดโต้ตอบ (Interactive Placement)
- เริ่มต้นย้ายเข้าบอร์ดตัวอย่าง
- การย้ายตำแหน่งชื่ออุปกรณ์และชื่ออ้างอิง
- การใช้ Placement Room
- การใช้ Union
- การจัดเรียงอัตโนมัติ (Auto Placement)
- แนวทางการใช้ Auto Place ให้ได้ผลสูงที่สุด
- การใส่วัตถุอื่นๆ

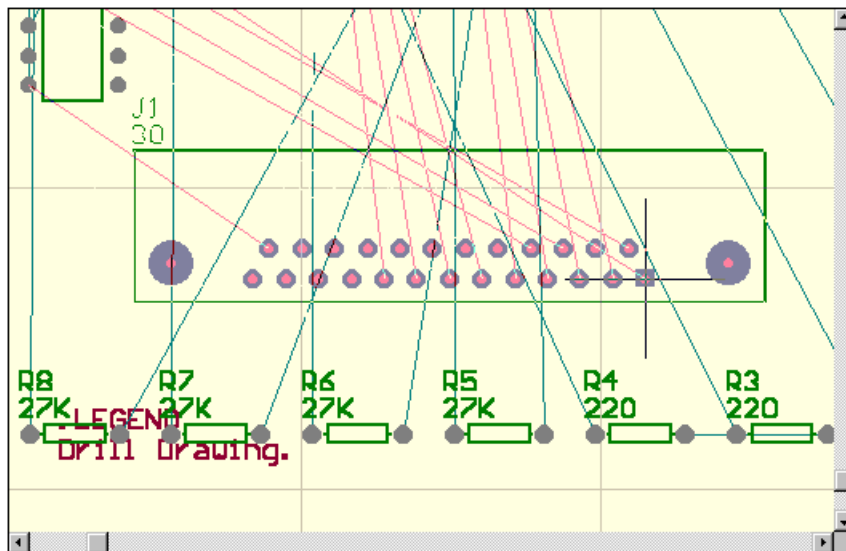
การเคลื่อนย้ายตำแหน่งอุปกรณ์และจัดเรียงอุปกรณ์เป็นกระบวนการที่สำคัญของการออกแบบ PCB เพราะตำแหน่งอุปกรณ์จะมีความสัมพันธ์กับความยากในการเดินเส้นทองแดง มีผลต่อความยากง่ายในการประกอบอุปกรณ์ มีผลต่อการทำงานของวงจร มีผลต่อการเชื่อมต่อรูปร่างผลิตภัณฑ์และอื่นๆ การวางตำแหน่งอุปกรณ์ต้องคำนึงปัจจัยหลายประการ เช่นปัจจัยทางด้านกายภาพของอุปกรณ์ ขนาดบอร์ด รูปร่างกล่อง ตำแหน่งการวางสวิทช์ ปลั๊ก คอนเนคเตอร์ ความสูงอุปกรณ์และปัจจัยทางด้านการทำงาน เช่นวงจรส่วนความเร็วสูงจะต้องวางให้ใกล้กันเพื่อการรบกวนและสัญญาณหน่วงเวลาน้อยที่สุด เป็นต้น

โปรแกรมสร้างเครื่องมือสำหรับย้ายอุปกรณ์หลักๆสองชนิดคือ การเคลื่อนโดยผู้ออกแบบตัดเส้น  
ใจวางอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ต้องการ(Interactive Placement) และวิธีซอฟต์แวร์คำนวณหาตำแหน่งการ  
วางอัตโนมัติ(Automatic Placement) ทั้งสองวิธีมีความจำเป็นและเหมาะสมตามสถานการณ์ อุปกรณ์บาง  
ชนิดเช่น คอนเนคเตอร์ต้องวางในตำแหน่งที่กำหนด อยู่ในบริเวณที่เชื่อมต่อไปได้ง่าย ดังนั้นจำเป็นต้อง  
จัดเรียงด้วยตนเอง อุปกรณ์บางชนิดไม่ต้องการกำหนดตำแหน่งตายตัว สามารถเลือกเพื่อให้เดินเส้น  
ทองแดงได้ง่ายที่สุด ซึ่งกรณีนี้มักจะใช้การจัดเรียงอัตโนมัติจัดการ

ระหว่างจัดเรียงโปรแกรมจะแสดงการเชื่อมโยงหรือคอนเนคชั่น(Connection) ซึ่งแสดงเป็นเส้น  
ไขว้ไปมาจากขาอุปกรณ์ตัวหนึ่งไปยังขาอุปกรณ์อีกตัวหนึ่ง จำนวนคอนเนคชั่นหลายๆเส้นรวมเรียกว่า  
แร็ทเน็ท(Rats Nest) ซึ่งจะปรับเปลี่ยนเมื่อตำแหน่งอุปกรณ์เปลี่ยนไป การเปลี่ยนคอนเนคชั่นให้เป็น  
ระหว่างจุดใกล้ที่สุดจะทำให้เดินแทร็คง่ายขึ้น การจัดวางอัตโนมัติจะคำนวณความยาวของคอนเนคชั่น  
โดยรวม ร่วมกับกฎการออกแบบ และตัดสินใจเลือกตำแหน่งอุปกรณ์ที่มีคอนเนคชั่นที่ดีที่สุด

### คำสั่งเบื้องต้นสำหรับย้ายอุปกรณ์

เมื่อนำอุปกรณ์เข้ามาใน PCB ดังที่ได้ทำมาจากบทก่อนหน้าเรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็นำแต่ละตัวมาวางใน  
ตำแหน่งที่เหมาะสม แนวทางการวางอุปกรณ์จะพยายามวางให้เดินแทร็คเข้าหากันได้ง่าย หรือพยายาม  
ให้คอนเนคชั่น(เส้นตรงเชื่อมระหว่างขาถึงขา จะหายไปเมื่อเดินแทร็คสมบูรณ์) มีความซับซ้อนน้อยที่สุด



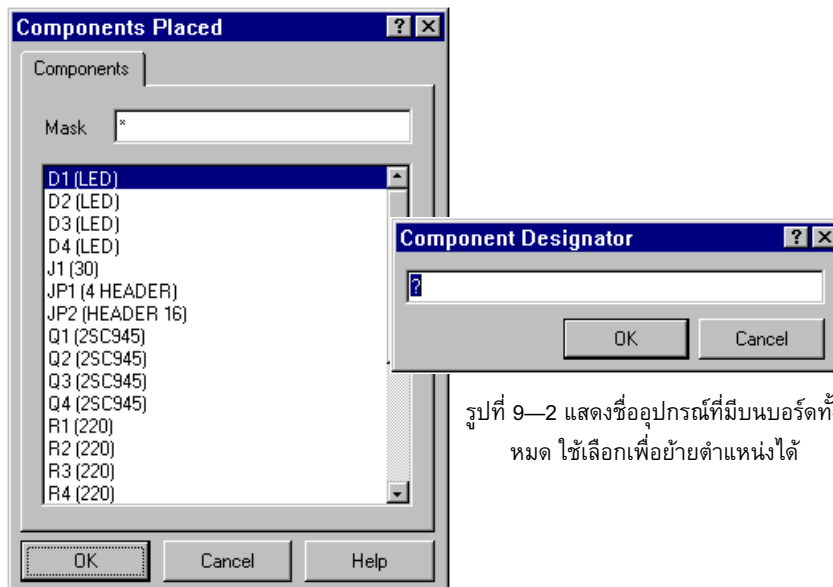
รูปที่ 9-1 ระหว่างย้ายอุปกรณ์จะเห็นสีเน้นปรากฏขึ้นและเลื่อนไปพร้อมกับเลื่อนเมาส์

**การย้ายตำแหน่งอุปกรณ์บนบอร์ดทดลอง**

เรียกคำสั่งเบื้องต้น **Move>>Component [M,C]** เลื่อนไปเลือก **DB25** โดยวางเมาส์ให้เหนือ DB25 ที่ตำแหน่งขาใดๆก็ได้ จะเห็นว่าเมื่อเมาส์เข้าใกล้หรืออยู่ในบริเวณที่จะเลือกอุปกรณ์ได้ จะมีสัญลักษณ์วงกลมปรากฏที่เคอร์เซอร์ คลิกหนึ่งครั้งอุปกรณ์จะลอยติดกับเมาส์และเคลื่อนไปมาพร้อมกัน

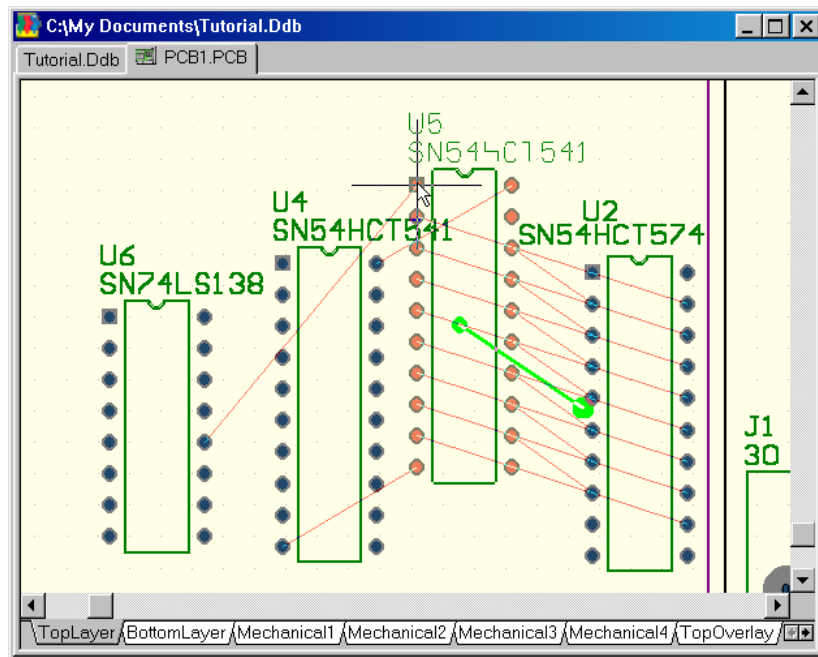
เมื่อต้องการวางอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ต้องการ ให้คลิกเมาส์หนึ่งครั้งอุปกรณ์จะถูกวาง ไม่เลื่อนตามเมาส์อีกต่อไป เคอร์เซอร์ยังคงมีรูปร่างกากบาท ซึ่งหมายถึงยังคงอยู่ในภาวะย้ายอุปกรณ์ หากต้องการยกเลิกภาวะนี้ กดเมาส์ปุ่มขวาหรือคีย์ ESC

บางครั้งบอร์ดมีขนาดใหญ่ ไม่สามารถมองหาอุปกรณ์ที่ต้องการได้ เมื่อใช้คำสั่ง **Move>>Component [M,C]** คลิกบนบอร์ดในที่ว่างๆจะเห็นไอคอนล็อกบ็อกซ์ให้เลือกชื่ออ้างอิงปรากฏขึ้น ใส่ชื่อที่ต้องการเข้าไปแล้วคลิก **OK** อุปกรณ์จะลอยมาปรากฏที่เมาส์เหมือนเลื่อนไปเลือกด้วยตนเอง หากไม่รู้ชื่ออ้างอิงให้คลิก **OK** ทันทีจะเห็นรูปที่ 9—2 ปรากฏขึ้นพร้อมกับแสดงจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด เลือกชื่ออุปกรณ์ตัวที่ต้องการย้ายตำแหน่งได้จากที่นี่



รูปที่ 9—2 แสดงชื่ออุปกรณ์ที่มีบนบอร์ดทั้งหมด ใช้เลือกเพื่อย้ายตำแหน่งได้

ระหว่างย้ายอุปกรณ์ โปรแกรมจะแสดงเวกเตอร์ตำแหน่งสัมพัทธ์ของอุปกรณ์เทียบกับตำแหน่งที่ควรวาง โดยคำนวณจากความยาวของคอนเนคชั่นทั้งหมดที่ต่อเข้าหา หากเวกเตอร์เป็นสีเขียวหมายถึงใกล้ตำแหน่งที่ควรวาง สีแดงหมายถึงห่างจากตำแหน่งที่ควรวาง



รูปที่ 9—3 ระหว่างย้ายอุปกรณ์จะแสดงเวคเตอร์

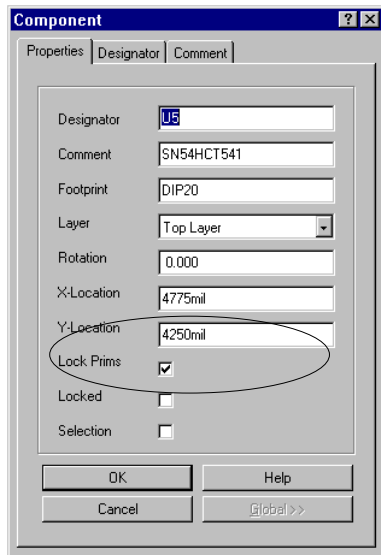
ถ้าระหว่างย้ายตำแหน่งอุปกรณ์ ไม่ต้องการแสดงคอนเนคชั่น สามารถปิดด้วยคำสั่ง **View>>Connection>>Hide [V,C,H]** ซึ่งเลือกซ่อนได้คือ เฉพาะเน็ต, เฉพาะอุปกรณ์, หรือจะซ่อนทั้งหมด ระหว่างย้ายอุปกรณ์ หากไม่ต้องการแสดงคอนเนคชั่นซึ่งต่อกับอุปกรณ์นั้น ให้กดคีย์ “N” เพื่อปิดและกดคีย์ “N” อีกครั้งเพื่อกลับมาแสดงตามเดิม

#### การเปลี่ยนมุมการวางและเปลี่ยนเลเยอร์

ระหว่างเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ เมื่อต้องการหมุนอุปกรณ์ครั้งละ 90 องศา ใช้คีย์ **Space** หากต้องการเปลี่ยนมุมการหมุนเป็นค่าอื่น ๆ ต้องกำหนดจาก **Tools>>Preference>>Option** ในบริเวณ **Others** ช่องชื่อ **Rotation Step** โดยทั่วไปกำหนดไว้เป็น 90 หากต้องการให้หมุนเป็นมุมอื่น ๆ เช่น 45 องศา ให้ใส่ค่าใหม่ลงไป

อุปกรณ์ทั้งหมดเมื่อนำเข้ามาจากวงจร จะปรากฏในเลเยอร์ Top เสมอ ระหว่างย้ายตำแหน่งอุปกรณ์สามารถเปลี่ยนเลเยอร์ด้วยคำสั่ง “L” กด L หนึ่งครั้งจะเปลี่ยนจากวางอุปกรณ์ในเลเยอร์ Top เป็น Bottom และหากอยู่ในเลเยอร์ Bottom จะเปลี่ยนมาเป็นที่ Top นอกจากพลิกอุปกรณ์ไปอยู่ด้านตรงข้าม โปรเทลจะนำ Ref. Des (ชื่ออ้างอิง) กลับด้านให้ด้วย คำสั่งนี้เหมาะกับอุปกรณ์ชนิด SMD ซึ่งมักจะวางในด้านล่าง

### การล็อคตำแหน่งอุปกรณ์



รูปที่ 9—4 กำหนดคุณสมบัติไม่ให้เคลื่อนย้าย

สำหรับอุปกรณ์บางตัวเช่น Connector ต้องการให้วางตายตัวในตำแหน่งซึ่งเป็นจุดสำหรับต่อกับภายนอก เมื่อกำหนดตำแหน่งไปแล้วไม่ต้องการให้เคลื่อนย้ายอีก วิธีการคือดับเบิลคลิกที่ตัวอุปกรณ์เพื่อแสดงคุณสมบัติ จะเห็นไอคอนล็อกบ็อกซ์ปรากฏขึ้น คลิกในช่อง **Lock** จากนั้นคลิก **OK** เพียงเท่านี้ ก็จะไม่สามารถย้ายอุปกรณ์อย่างไม่ต้องใจ

ในหัวข้อที่ผ่านมาเมื่อใช้คำสั่ง **Move>>Component** และคลิกที่อุปกรณ์ที่ต้องการย้าย จะเห็นว่าเคอร์เซอร์เลื่อนไปเลือกที่ขา 1 หรือขาศูนย์กลางให้อัตโนมัติทั้งนี้เพราะว่าใน **Tools>>Preference>>Option>>Snap to Center** (อยู่ในบริเวณ Editing Option) ถูกกำหนดไว้ หากต้องการย้ายอุปกรณ์โดยเมื่อคลิกบริเวณใดก็ตาม เลื่อนอุปกรณ์ ณ.ตำแหน่งนั้น ให้ยกเลิก **Snap to Center**

### การทำงานร่วมกันระหว่าง Schematic และ PCB

กระบวนการส่งข้อมูลจากวงจร(Schematic-สเต็มมาติก) ไปยัง PCB ไม่เพียงแต่เป็นกระบวนการส่งคอนเนคชั่นและฟุทพริ้นท์ไปเท่านั้น ทั้งนี้เพราะวงจรจะต้องวางอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อเข้าหากันโดยตรงไว้บนบอร์ดในตำแหน่งใกล้เคียงกัน ดังนั้นหากข้อมูลโครงสร้างเหล่านี้สามารถส่งไปให้ PCB ได้จะช่วยให้การจัดวางอุปกรณ์เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น

#### การเลือกอุปกรณ์ใน PCB จากวงจร

แนวทางการวางอุปกรณ์ใน PCB มักจะเกี่ยวข้องกับการวางอุปกรณ์ในวงจร เมื่อต้องการรู้ว่าอุปกรณ์ตัวใดในวงจร ตรงกับอุปกรณ์ตัวใดใน PCB เริ่มแรกให้เลือกอุปกรณ์ในวงจร(กดคีย์ Shift ค้างไว้แล้ว Click) ที่อุปกรณ์ตัวที่ต้องการ ใช้คำสั่ง **Tools>>Select PCB Component [T,S]** จะเห็น Design Windows เปลี่ยนมาที่ PCB พร้อมกับอุปกรณ์ตัวที่ถูกเลือกในวงจร ถูกเลือกใน PCB ด้วยเช่นกัน

#### การสร้าง Classes และ Room จากวงจร

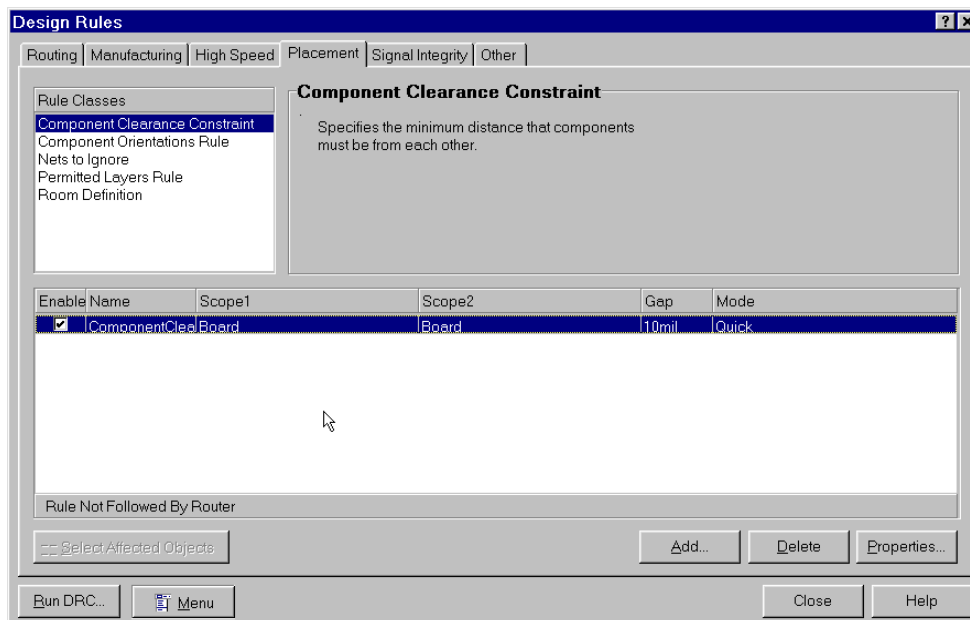
ระหว่างทำคำสั่ง **Design>>Update** จากสเต็มมาติกไปยัง PCB หากได้กำหนดทางเลือกในช่อง **Classes** คือ *Generate Component class for all Schematic Sheet in Project* จะทำให้โปรเทลสร้าง Classes ใน PCB ขึ้นโดย วงจรในแผ่นเดียวกันจะถูกจัดรวมกันเป็น Classes เดียวกัน ดังนั้นหากชิ้นงานมีวงจรหลายแผ่น ระหว่าง *Update Design* จะสร้าง Classes ขึ้นมาเท่ากับจำนวนแผ่นของวงจร

คู่มือ Protel99

นั้นๆ ทำนองเดียวกัน Room จะถูกสร้างขึ้นมากเท่ากับจำนวน Class ด้วยเช่นกัน (ความหมายของ Classes และ Room จะได้กล่าวต่อไป)

### การทำ Cross probe จากวงจรไปยัง PCB

Cross Probe คือเครื่องมือสำหรับเจาะจงอุปกรณ์ใน PCB หรือในวงจร วิธีการคือเมื่อต้องการรู้ว่าอุปกรณ์ตัวที่สนใจอยู่ในบริเวณใด ไม่ว่าจะอยู่ในสเค็มมาติกหรือ PCB เช่นเมื่ออยู่ในวงจรใช้คำสั่ง **Tools>>Cross Probe [T,C]** โปรแกรมจะรอให้คลิกอุปกรณ์ที่ต้องการ เมื่อคลิกแล้วจะเห็นหน้าจอภาพของ PCB เลื่อนไปที่พู่ทรีนัทตัวที่ตรงกัน พร้อมทั้งขยายให้ปรากฏเต็มทีใน Design Windows ด้วย **Cross Probe** ใช้ได้ทั้งสองทางคือไม่ว่าจะมาจากวงจรไป PCB หรือเลือกอุปกรณ์จาก PCB เพื่อแสดงอุปกรณ์ตัวที่ตรงกันในสเค็มมาติก

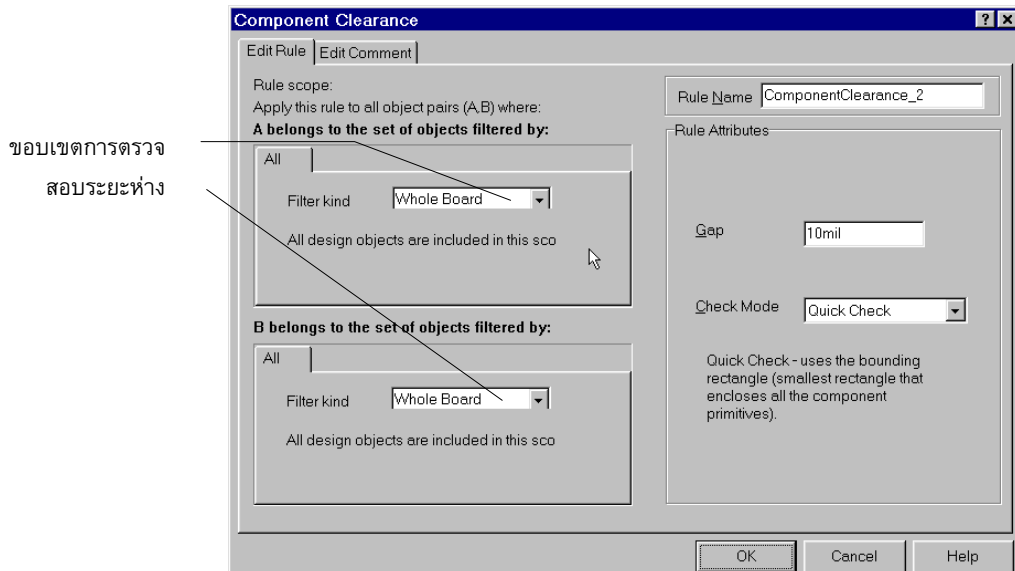


รูปที่ 9—5 กฎการออกแบบสำหรับ Placement

### กฎการออกแบบ (Design Rules) ของ Placement

กฎการออกแบบสำหรับใช้ควบคุมการจัดเรียงอุปกรณ์ มีส่วนต่างๆ เกี่ยวข้องดังนี้ เข้าไปที่คำสั่ง **Design>>Rules** จะเห็นรูปที่ 9—5 ปรากฏขึ้น แต่ละช่องมีความหมายคือ

- Component Clearance Constraint** – หมายถึงระยะห่างระหว่างวัตถุ ซึ่งกำหนดขอบเขตการตรวจสอบได้ตั้งแต่ Whole Board(ทั้งหมดบนบอร์ด), Layer(เฉพาะบนเลเยอร์), Component Class(กลุ่มของอุปกรณ์) , Net Class(กลุ่มของ Net) เป็นต้น เรียงตามลำดับในลำดับความสำคัญ ในรูปที่ 9—5 กำหนดเป็น Whole Board ซึ่งอยู่ในลำดับความสำคัญต่ำที่สุด หมายความว่าระยะห่างระหว่างวัตถุใดๆก็ตาม (แทร็คกับแทร็ค, แแทร็คกับเวีย, แแทร็คกับแพ็ด ฯลฯ) จะมีค่าเป็น 10mil ทั้งสิ้น
- Component Orientation Rule** กำหนดทิศทางวางอุปกรณ์ ยอมให้วางอุปกรณ์ในทิศทางการหมุนเป็นมุมเท่าใดก็ได้บ้าง เช่น 0 องศา, 90, 180, 270 หรือมุมใดๆ
- Net to Ignore** กำหนดให้ Auto Placer ไม่สนใจเน็ตใดระหว่างคำนวณหาตำแหน่งวางอุปกรณ์ โดยทั่วไปมักกำหนดกับ Net Power ซึ่งต้องเชื่อมถึงอุปกรณ์ตัว ดังนั้นจึงไม่มีความหมายหากนำมารวมในการคำนวณตำแหน่ง
- Permitted Layer Rule** กำหนดการวางอุปกรณ์บนเลเยอร์ใดบ้าง เช่น IC วางได้เฉพาะด้าน Top ส่วนคาปาซิเตอร์วางได้เฉพาะด้าน Bottom เป็นต้น สามารถกำหนด Component Class เพื่อกำหนดขอบเขต (Scope) ให้ครอบคลุมทั้งหมด



รูปที่ 9—6 กำหนดขอบเขตระยะห่าง และค่าที่ต้องการ

## คำสั่งเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ชนิดโต้ตอบ (Interactive Placement)

คำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ชนิดโต้ตอบทันที เรียกได้จากเมนู **Tools>>Interactive Placement [T,I] หรือคีย์ “I”** แล้วจึงเลือกคำสั่งย่อยแบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่ๆคือ

### เครื่องมือสำหรับจัดเรียง (Alignment Tools)

คำสั่งสำหรับจัดเรียง เรียกได้จากเมนู **Tools>>Interactive Placement** จะเห็นเมนูคำสั่งย่อย เลือกคำสั่งตามที่ต้องการดังนี้

**Align left** —ก่อนเรียกคำสั่งนี้ ต้องเลือกกลุ่มอุปกรณ์ที่ต้องการจัดเรียงก่อน เมื่อเลือกคำสั่งแล้วจะทำให้ อุปกรณ์เรียงชิดกับอุปกรณ์ตัวที่อยู่ซ้ายที่สุด ระยะห่างระหว่างกันจะน้อยที่สุด เท่าที่กฎการออกแบบยอม

**Align right** —ก่อนเรียกคำสั่งนี้ ต้องเลือกกลุ่มอุปกรณ์ที่ต้องการจัดเรียงก่อน เมื่อเลือกคำสั่งแล้ว จะทำให้ อุปกรณ์เรียงชิดกับอุปกรณ์ตัวที่อยู่ขวาสุด ระยะห่างระหว่างกันจะน้อยที่สุดเท่าที่กฎการออกแบบยอม

**Align Top** —ก่อนเรียกคำสั่งนี้ ต้องเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการจัดเรียงก่อน เมื่อเรียกคำสั่งแล้ว จะทำให้ อุปกรณ์ในกลุ่มเรียงด้านบน อยู่ในแนวเดียวกับอุปกรณ์ตัวที่อยู่สูงที่สุด

**Align bottom** —ก่อนเรียกคำสั่งนี้ ต้องเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการจัดเรียงก่อน เมื่อเรียกคำสั่งแล้ว จะทำให้ อุปกรณ์ในกลุ่มเรียงด้านล่าง อยู่ในแนวเดียวกับอุปกรณ์ตัวที่อยู่ต่ำที่สุด

**Centers Vertical**—ก่อนเรียกคำสั่งนี้ ต้องเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการจัดเรียงก่อน เมื่อเรียกคำสั่งแล้วโปรแกรมจะรอให้เลือกอุปกรณ์เป็นจุดอ้างอิง เมื่อเลือกแล้วจะทำให้อุปกรณ์ตัวอื่นๆในกลุ่ม เลื่อนไปวางอยู่เหนือตัวที่เลือก เป็นคอลัมน์เดียวกัน โดยใช้จุดศูนย์กลางของอุปกรณ์แต่ละตัว เป็นแนวในการเรียง

**Centers Horizontal**—ก่อนเรียกคำสั่งนี้ ต้องเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการจัดเรียงก่อน เมื่อเรียกคำสั่งแล้ว โปรแกรมจะรอให้เลือกอุปกรณ์เป็นจุดอ้างอิง เมื่อเลือกแล้วจะทำให้อุปกรณ์ตัวอื่นๆในกลุ่ม เลื่อนไปวางในแถวเดียวกัน โดยใช้จุดศูนย์กลางของอุปกรณ์แต่ละตัว เป็นแนวในการเรียง

### เครื่องมือสำหรับจัดระยะ (Spacing Tools)

**Horizontal Spacing>>Make Equal** – ก่อนเรียกคำสั่งนี้ ต้องเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการจัดเรียงก่อน คำสั่งจะทำให้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ในแนวนอนมีระยะเท่ากัน โดยนับอุปกรณ์ตัวที่อยู่ซ้ายสุดและขวาสุดเป็นขอบ

**Horizontal Spacing>>Increase** – วิธีใช้เช่นเดียวกับคำสั่ง Make Equal แต่จะทำให้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์เพิ่มขึ้น 1 กริดของ *Placement Grid* ด้าน **X**

**Horizontal Spacing>>Decrease** – เช่นเดียวกับ Increase แต่คำสั่งนี้จะทำให้ระยะห่างลดลง 1 กริดของ *Placement Grid* ด้าน **Y**

**Vertical Spacing>>Make Equal** – ก่อนเรียกคำสั่งนี้ ต้องเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการจัดเรียงก่อน คำสั่งจะทำให้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ในแนวตั้งมีระยะเท่ากัน โดยใช้อุปกรณ์ตัวบนสุดและล่างสุดเป็นขอบเขต

**Vertical Spacing>>Increase** – คำสั่งนี้จะทำให้ระยะระหว่างอุปกรณ์ในแนวตั้ง เพิ่มขึ้น 1 กริดของ Placement Grid ในด้าน Y

**Vertical Spacing>>Decrease** – คำสั่งนี้จะทำให้ระยะระหว่างอุปกรณ์ในแนวตั้ง ลดลง 1 กริดของ Placement Grid ในด้าน Y

### เครื่องมือสำหรับย้าย (Moving Tools)

**Arrange within Rectangle** – ก่อนเริ่มใช้คำสั่ง จะต้องเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการจัดเรียงก่อน เมื่อเรียกคำสั่งแล้ว จะต้องวาดกรอบสี่เหลี่ยมโดยกำหนดจุดแรกของสี่เหลี่ยมที่มุมซ้ายบน กำหนดจุดที่สองที่มุมขวาด้านล่าง เมื่อกำหนดเสร็จ อุปกรณ์ที่เลือกไว้จะเลื่อนมาวางในสี่เหลี่ยมนี้ วางแนวขวางจากบนลงมาล่าง

**Arrange within Room** – คำสั่งนี้จะทำให้อุปกรณ์ซึ่งได้กำหนดให้อยู่ใน Room เลื่อนเข้ามาวางใน Room ทั้งหมด เมื่อเรียกคำสั่งแล้ว เลื่อนไปคลิกที่ Room ที่ต้องการ (รายละเอียดเรื่อง Room ดูในหัวข้อถัดไป)

**Arrange Outside Board** – คำสั่งนี้จะทำให้อุปกรณ์ที่ถูกเลือก เลื่อนไปวางนอกบอร์ดทั้งหมด

**Move to Grid** – คำสั่งนี้ทำให้อุปกรณ์ทั้งหมด เลื่อนไปยังตำแหน่งกริดของ Placement ที่ใกล้ที่สุด หลังจากคำสั่งนี้แล้ว อุปกรณ์ทุกตัวจะอยู่ในตำแหน่งกริดเสมอ

### เริ่มต้นย้ายเข้าบอร์ดตัวอย่าง

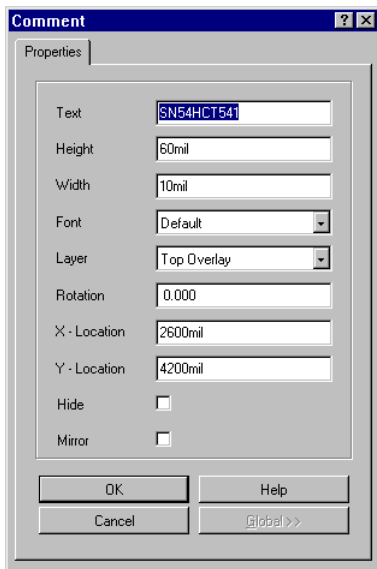
จากรูปตัวอย่างในภาคผนวก ทดลองเลื่อนอุปกรณ์วางในตำแหน่งตามนั้น ไม่จำเป็นต้องแม่นยำในระดับพิกัดเดียวกัน เริ่มจาก J1-DB25 ก่อนจากนั้นเลื่อน U4-SN74HCT541 และ U1-SN74HCT574 เข้ามา

- เมื่อย้าย IC หลักๆ ได้ครบ จึงเริ่มย้าย Resistor, Capacitor, Transistor การย้ายอุปกรณ์เล็กๆ เหล่านี้ จะสะดวกมาก หากย้ายด้วย **Interactive Placement>>Arrange within Rectangular** เริ่มโดยเลือกอุปกรณ์เหล่านี้ ใช้วิธีลากเมาส์ล้อมรอบตัวที่ต้องการ หรือใช้คำสั่ง **Edit>>Select>>Inside Area** ก็ได้เช่นกัน จากนั้นใช้คำสั่ง **Arrange within Rectangular** กำหนดบริเวณที่ต้องการย้าย โดยลากเมาส์รอบกรอบ เมื่อกำหนดบริเวณเสร็จ จะเห็นอุปกรณ์ที่เลือกไว้ย้ายเข้ามาในบริเวณนั้นทันที หากต้องการเปลี่ยนรูปแบบการเรียง โดยละเอียด ต้องใช้คำสั่ง **Move>>Component** จัดเรียงแต่ละตัวต่อไป
- เมื่อย้ายในครั้งแรก ไม่ต้องคำนึงเรื่องตำแหน่ง ขอให้วางในบริเวณใกล้เคียงก่อน จากนั้นจึงมาปรับละเอียดในภายหลังด้วย **Alignment Tools** ต่างๆ ใน **Interactive Placement** เช่นการปรับตำแหน่ง IC ทั้งในแนวตั้ง **Align Vertical** และแนวนอน **Align Horizontal**

## การย้ายตำแหน่งชื่ออุปกรณ์และชื่ออ้างอิง

เมื่อนำอุปกรณ์เข้ามาใน PCB ชื่ออ้างอิง (Reference Designator) และชื่อชนิด (Part Type) จะถูกกำหนดตำแหน่งไว้ในฟุทพริ้นท์ซึ่งสร้างเก็บในไลบรารี เมื่อมีการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ไปตำแหน่งอื่นบน

บอร์ด บางครั้งชื่อเหล่านี้จะไม่สามารถอ่านได้สะดวก ดังนั้นต้องจัดเรียงให้อ่านได้ง่ายยิ่งขึ้น



รูปที่ 9—7 คุณสมบัติของ Reference Designator และ Part Type

ต้องการ จะเห็นชื่อเลื่อนตามเคอร์เซอร์ ระหว่างนี้สามารถหมุนโดยกดคีย์ **Space** หากต้องการแสดงคุณสมบัติให้กดคีย์ **TAB** สามารถเปลี่ยนขนาด, เลเยอร์ได้จากที่นี่

- จำนวนมุมการหมุนกำหนดได้เช่นเดียวกับอุปกรณ์ จะให้หมุนครั้งละจำนวนองศาเท่าใด กำหนดที่ **Tools>>Preference>>Option>> Rotation Step**

ระหว่างขณะเลื่อนชื่อให้กดคีย์ Tab จะเห็นคุณสมบัติปรากฏขึ้น

<b>Text</b>	แสดงข้อความที่กำลังแก้ไข
<b>Height</b>	แสดงความสูงของตัวอักษร
<b>Width</b>	ค่าความหนาของเส้นเขียนตัวอักษร
<b>Font</b>	รูปแบบตัวอักษร
<b>Layer</b>	เลเยอร์หรือชั้นที่ใช้วางตัวอักษรนี้ โดยปกติจะอยู่บน Top Overlay ซึ่งใช้ทำ Silkscreen หรือพิมพ์ขาว

โดยทั่วไปเมื่อสร้างแผ่น PCB ตัวอักษร Reference Designator เช่น U1, U2,.. จะปรากฏเป็นชื่อสำหรับอ้างอิง ในตำแหน่งใกล้ๆกับอุปกรณ์ เพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งได้ตรงตามวงจร เรามักเรียก “พิมพ์ขาว” เนื่องจากสกรีนด้วยหมึกสีขาวนั่นเอง ในบอร์ดเดียวกันจะไม่มีชื่อซ้ำกัน การจัดเรียงสามารถกำหนดได้ตามความถนัด ไม่ตายตัว มีจุดประสงค์ให้อ่านได้ง่าย มีการเรียงแนวที่เหมือนกัน ทั้งแนวตั้งและแนวนอน ส่วนชื่อชนิด(Part Type) โดยทั่วไปจะไม่นำไปสกรีนลงบนแผ่น PCB แต่จะนำไปสร้าง *Assembly Drawing* ซึ่งมีประโยชน์สำหรับประกอบวงจร เพื่อให้ใส่อุปกรณ์ได้ถูกตำแหน่งที่ต้องการ

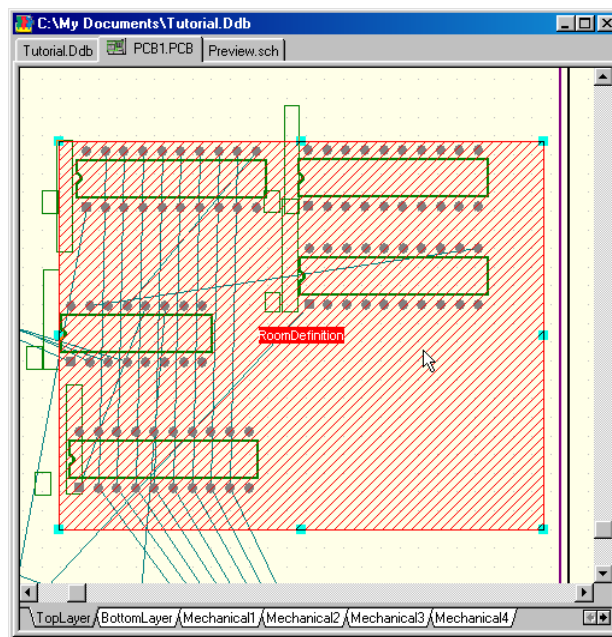
- ตำแหน่งของ Ref. Des. ของอุปกรณ์ย้ายได้ด้วยคำสั่ง **Move>>Move [M,M]** เรียกคำสั่งแล้วเลื่อนไปคลิกชื่อที่

## การใช้ Placement Room

**Room** คือบริเวณสี่เหลี่ยมสำหรับระบุอุปกรณ์ที่ต้องการอยู่ในบริเวณนั้น อุปกรณ์อื่นๆที่ไม่ระบุจะไม่สามารถเข้ามาวางได้ *Placement Room* เป็นส่วนหนึ่งของกฎการออกแบบ(Design Rules)

การสร้าง *Placement Room* ใช้คำสั่ง **Place>>Room [P,R]** เปลี่ยนไปเลเยอร์ที่ต้องการสร้าง *Room* ใช้เมาส์กำหนดบริเวณสี่เหลี่ยมที่ต้องการ บริเวณที่วาดนี้สามารถเปลี่ยนขนาดโดยคลิกที่ *Room* หนึ่งครั้งเพื่อให้เห็นเครื่องหมายแฮนเดิลอร์ คลิกแล้วลากที่แฮนเดิลอร์บนด้านของบริเวณที่ต้องการ เมื่อได้ขนาดใหม่แล้วจึงปล่อยเมาส์

การกำหนดอุปกรณ์ภายใน *Room* ทำได้โดยดับเบิลคลิกที่ *Room* จะเห็นกฎการออกแบบของ *Placement Room* ปรากฏขึ้น เพิ่มอุปกรณ์โดยดูในช่อง *Rule Scope* และดูในช่อง *Component Class* หากไม่ได้กำหนด *Class* มาก่อน สามารถกำหนดในที่นี้โดยคลิกที่ปุ่มชื่อ **Edit Class** ซึ่งอยู่บริเวณมุมล่างซ้าย



รูปที่ 9—8 แสดง Placement Room

**Component Class** หมายถึงกลุ่มอุปกรณ์ที่กำหนดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีชื่อเรียกรวมกัน เช่น *Class –Memory* หรือ *Class–Resistor* เป็นต้น การกำหนด *Class* ทำให้สามารถจัดการกับอุปกรณ์ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น *IC–Memory* มักจะต้องวางใกล้ๆกัน เพราะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็นจำนวนมาก ได้ง่ายขึ้น

เมื่อต้องการย้ายอุปกรณ์เข้ามาใน Room ใช้คำสั่ง **Tools>>Interactive Placement>>Align Component Within Room** เมื่อเรียกคำสั่งแล้วโปรแกรมจะรอให้เลือก Room ที่ต้องการ

## การใช้ Union

Union คือการจับกลุ่มอุปกรณ์เพื่อให้การจัดการในลักษณะเป็นบล็อก ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของอุปกรณ์ใน Union ระหว่างทำคำสั่งจะไม่เปลี่ยนแปลง

การสร้าง Union เริ่มจากเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการก่อนแล้วใช้คำสั่ง **Tools>>Convert>>Create Union From Selected Component**

เมื่อต้องการย้ายอุปกรณ์ใน Union ใช้คำสั่ง **Move>>Move** หรือ **Move>>Component** คลิกที่อุปกรณ์ตัวใด ๆ ใน Union จะทำให้ทั้งอุปกรณ์หมดเลื่อนไปด้วยกัน

เมื่อต้องการแยกอุปกรณ์ออกจาก Union ใช้คำสั่ง **Tools>>Convert>>Break Component From Union** เลื่อนไปคลิกอุปกรณ์ตัวที่ต้องการ จะทำให้เฉพาะอุปกรณ์ตัวนั้นแยกออกจาก Union

เมื่อต้องการแยกอุปกรณ์ทั้งหมดออกจาก Union ใช้คำสั่ง **Tools>>Convert>>Break All Component Union** เลื่อนไปคลิกที่อุปกรณ์ตัวใด ๆ ใน Union

## การจัดเรียงอัตโนมัติ (Auto Placement)

การจัดเรียงอัตโนมัติ(Auto Placement) คือการวางตำแหน่งอุปกรณ์โดยโปรแกรมใช้คอนเนกชันระหว่างอุปกรณ์เป็นหลักในการพิจารณา อุปกรณ์ใดมีจำนวนคอนเนกชันเชื่อมระหว่างกันมาก Auto Placer จะนำมาวางตำแหน่งใกล้กัน เพื่อให้มีโอกาสดึงเส้นได้ง่าย วิธีการคิดคำนวณเหล่านี้แบ่งออกเป็นสองชนิดคือ

### Cluster Placer

คือการจัดวางโดยจับกลุ่มอุปกรณ์ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันเป็นอย่างมากเข้าด้วยกันก่อน หรือสร้าง Cluster เพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มอุปกรณ์ จากนั้นจึงจัดกลุ่ม Cluster โดยดูความสัมพันธ์ระหว่าง Cluster กับ Cluster เพื่อวางตำแหน่งที่เหมาะสมต่อไป โดยทั่วไป Cluster Placement เหมาะสำหรับบอร์ดที่มีจำนวนอุปกรณ์น้อยกว่า 100 ตัว

ก่อนเริ่มต้นใช้คำสั่ง Auto Placement ควรกำหนดขอบเขตของบอร์ดให้ถูกต้องก่อน โดยกำหนดรูปร่างใน Keep Out และหากบริเวณใดไม่ต้องการให้ Auto Placer วางอุปกรณ์ สามารถกำหนดบริเวณนั้นใน Keep Out ได้เช่นกัน

เมื่อต้องการเรียกใช้ Auto Placer ให้ไปที่คำสั่ง **Tools>>Auto Placement>>Auto Placer** ในไดอะล็อกบ็อกซ์เลือกที่ Cluster Place จากนั้นคลิกที่ปุ่ม OK

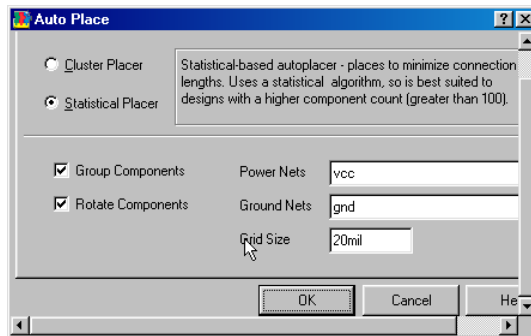
ถ้าหากระหว่างโปรเทลคำนวณหาตำแหน่งและต้องการยกเลิก ใช้คำสั่ง **Tools>>Auto Placement>>Stop Auto Placer**

ในระหว่างโปรเทลคำนวณ สามารถใช้คำสั่งอื่นๆได้ตามปกติ เช่น Pan, Zoom, Redraw เป็นต้น

### Statistical Placer

คือการจัดวางโดยจับกลุ่มอุปกรณ์ให้มีความยาวระหว่างคอนเนคชั่นน้อยที่สุด เหมาะสำหรับบอร์ดขนาดใหญ่และมีอุปกรณ์จำนวนมาก ควรใช้ในบอร์ดที่อุปกรณ์มากกว่า 100 ตัวขึ้นไป

เริ่มต้นใช้คำสั่ง ไปที่ **Tools>>Auto Placement>>Auto Placer** สามารถกำหนดทางเลือกได้ดังนี้



รูปที่ 9—9 ทางเลือกของ Auto Placer

Cluster Placer

คลิกที่ช่องนี้เพื่อเลือก Cluster Placer

Statistical Placer

คลิกที่ช่องนี้เพื่อเลือก Statistical Placer

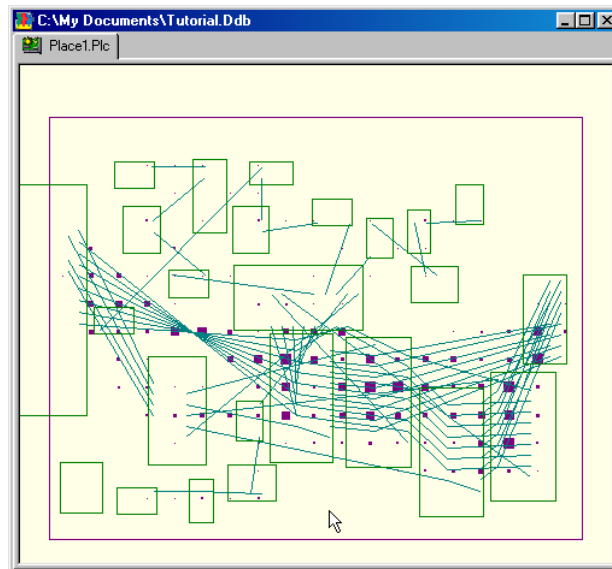
Group Components

หมายถึงต้องการให้ Auto Placer จับกลุ่มอุปกรณ์เข้าด้วยกัน โดยนำอุปกรณ์ที่มีสัมพันธ์ระหว่างกัน เชื่อมต่อเข้าหากันเป็นอย่างมากๆนำมาวางใกล้ๆกันก่อน เหมือนเป็นอุปกรณ์ขนาดใหญ่ จากนั้น Auto Placer จะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอุปกรณ์เหล่านี้ เหมือนเป็นอุปกรณ์เดี่ยวๆ หาตำแหน่งที่เหมาะสมต่อไป

Rotate Components

หมายถึงต้องการให้ Auto Placer หมุนทิศทางอุปกรณ์ แต่ทั้งนี้ภายใน Design Rules จะต้องยอมให้หมุนได้ด้วย มุมที่จะนำมาพิจารณาคือ 0, 90, 180 และ 360 การใช้ทางเลือกนี้จะต้องระวัง เพราะอาจจะกระทบการผลิต ทั้งนี้โดยทั่วไปในบอร์ด ชิ้นงานเดียวกัน เรามักจะวางอุปกรณ์ในทิศทางเดียวกัน

Power Nets	กำหนดชื่อเน็ตแหล่งจ่ายไฟซึ่งจะต่อไปที่อุปกรณ์ทุกตัว ดังนั้นเมื่อระบุในที่นี้จะทำให้ Auto Placer ไม่นำมารวมในการวิเคราะห์คอนเนคชันเพื่อหาตำแหน่งอุปกรณ์ สามารถระบุชื่อเน็ตได้มากกว่าหนึ่ง แยกแต่ละชื่อด้วยช่องว่าง ระบุได้ยาวสูงสุด 28 ตัวอักษร
Ground Nets	กำหนดชื่อ Ground Net ซึ่งจะต่อไปที่อุปกรณ์ทุกตัว ดังนั้นเมื่อระบุในที่นี้จะทำให้ Auto Placer ไม่นำมารวมในการวิเคราะห์คอนเนคชัน การกำหนดชื่อเน็ตใช้วิธีเช่นเดียวกับ Power Net
Grid Size	กำหนดขนาดกริดสำหรับวางอุปกรณ์ โดยทั่วไปมักกำหนดให้เป็นเศษส่วนของจำนวนเท่าของระยะระหว่างขาอุปกรณ์



รูปที่ 9—10 ระหว่างทำ Statistical Auto Placer

ระหว่างกระบวนการ Auto Placer จะเห็นโปรเทลเปิดหน้าต่างใหม่ดังรูปที่ 9—10 เพื่อแสดงสถานะและความคืบหน้า โปรเทลจะไม่ทำโดยตรงกับบอร์ดที่ใช้งาน เมื่อทุกอย่างสำเร็จ สามารถเลือกให้ปรับปรุงบอร์ดตั้งต้น หรือหากไม่พอใจสามารถยกเลิกข้อมูลการจัดเรียงได้ การเลือกปรับปรุงข้อมูลจากหน้าต่าง Auto Placer ไปที่บอร์ด ทำได้จากเมนู **File>>Update PCB**

### แนวทางการใช้ Auto Place ให้ได้ผลสูงที่สุด

เนื่องจาก Auto Place ทำงานโดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคอนเนคชันระหว่างอุปกรณ์เป็นหลัก ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้เป็นสิ่งที่โปรเทลคำนวณความยาวซึ่งสั้นที่สุด แต่อาจจะไม่เหมาะสมหรือไม่ตรงกับผู้ออกแบบต้องการ ดังนั้นแนวทางที่จะบังคับ เพื่อกำหนดให้ Auto-Place ทำงานได้ผลตรงกับที่ต้องการมีดังนี้

### วางอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ต้องการด้วยตนเอง

อุปกรณ์บางอย่างเช่น Connector หรือ IC สำคัญๆ มักจะต้องวางในตำแหน่งที่กำหนดไว้แล้ว เพราะอุปกรณ์เหล่านี้จำเป็นต้องต่อออกไปภายนอก เช่น Regulator IC ซึ่งจะต้องวางในตำแหน่งที่ระบายความร้อนได้ดีเป็นต้น เพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุดจำเป็นต้องวางอุปกรณ์นี้ด้วยตนเองแล้วสั่ง **Lock** เพื่อไม่ให้ถูกเคลื่อนย้ายระหว่าง Auto Place วิธีการ **Lock** คือเข้าไปเลือกจากไดอะล็อกบ็อกซ์คุณสมบัติอุปกรณ์ นอกจากมีข้อดีเรื่องตำแหน่งในการต่อออกภายนอก การวางอุปกรณ์หลักในจุดที่กำหนดจะช่วย “ดึง” อุปกรณ์อื่นๆ เข้ามาวางใกล้ๆ ตามจำนวนการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์หลัก ไปยังอุปกรณ์สนับสนุน

ถ้าหากบอร์ดนั้นเป็นบอร์ดดิจิทัล มีจำนวน IC memory เป็นจำนวนมาก ซึ่งโดยปกติแล้วคอนเนกชันของ IC memory จะต่อเข้าหากันเป็นลักษณะซ้ำและง่ายต่อการเดินแตร็ค ดังนั้นการเลื่อน IC memory เพียงหนึ่งตัวมาวางในตำแหน่งที่เหมาะสม จะช่วยให้ Auto Place “ดึง” IC memory ตัวอื่นๆ เข้ามาวางใกล้ๆ ได้เอง

### ใช้บริเวณ Keep Out

พื้นที่บางส่วนของบอร์ด บางครั้งไม่ต้องการให้ Auto Place วางอุปกรณ์ในบริเวณนั้น ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากทางด้านการประกอบชิ้นงาน หรือเหตุทางด้าน Mechanic เป็นต้น เราสามารถบังคับ Auto Place โดยสร้าง Keep Out ซึ่งสร้างได้ทั้งด้าน Top และ Bottom เพื่อกันไม่ให้อุปกรณ์เข้าไปอยู่ในนั้น ใช้คำสั่ง Place>>Keep Out วิธีสร้างเหมือนสร้างรูปร่างบอร์ด

### วิเคราะห์ Net ที่ไม่มีผลต่อ Auto Place

กระบวนการของ Auto Place จะวิเคราะห์ความยาวคอนเนกชันเป็นหลัก บางชิ้นงานจะมีเน็ตซึ่งต่อไปหาอุปกรณ์เกือบทุกตัว เช่น VCC, GND เป็นต้น เป็นแนวทางที่ดีที่ควรตัดเน็ตเหล่านี้ออกระหว่าง Auto Place เพื่อลดเวลาในการคำนวณและลดความผิดพลาดในการคิดความยาวสั้นที่สุด วิธีตัดคือกำหนดใน **Design>>Rules** ของ **Placement** ดูในหัวข้อ **Net to Ignore** เลือก **Add** และใส่ชื่อเน็ตที่ต้องการตัดออก ถ้าหากอยู่ใน Statistical Placer สามารถกำหนดเน็ตได้จากคำสั่ง Auto Place โดยตรง

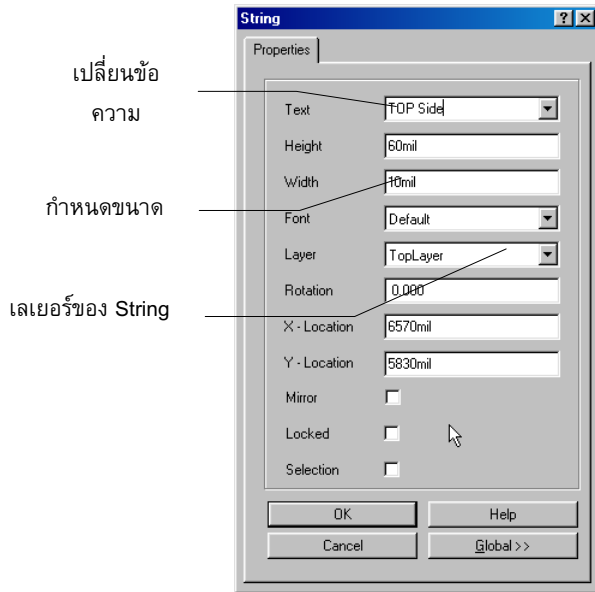
### การใส่วัตถุอื่นๆ

ในหัวข้อที่ผ่านมาเราได้เรียนรู้การใส่วัตถุไปบนพื้นที่บอร์ดเช่น Component, Reference Designator และ Part Type รวมทั้งการสร้าง Board Outline ทั้งวิธีใช้เครื่องมือพื้นฐานและการใช้ Wizard วัตถุต่างๆ ที่ใส่เข้าไปประกอบเป็นชิ้นงานจะมาจากวงจรเป็นหลัก หลังจากจัดเรียงสิ่งต่างๆ เหล่านี้แล้ว ก่อนปิดงานเรามักเพิ่มรูปร่าง, ข้อความเพื่ออธิบายข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ใส่ชื่อบริษัท, ใส่ Serial No, ใส่ Dimension เพื่อระบุความกว้างและยาว เป็นต้น วัตถุสำหรับอธิบายชิ้นงานรวมเรียกว่า Drawing Object

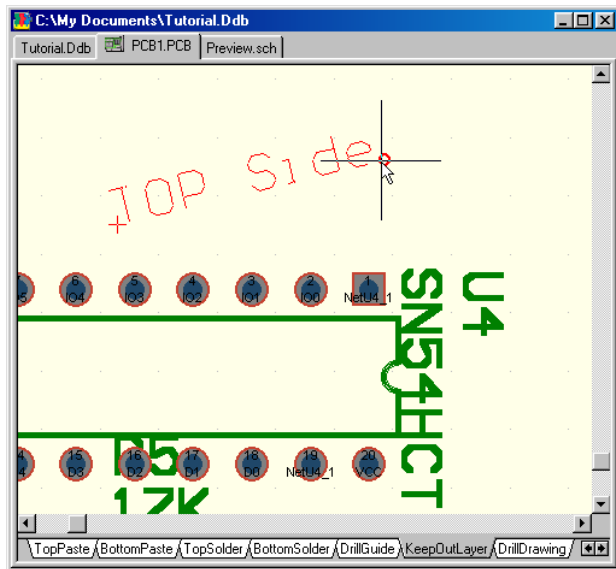
การสร้างสามารถสร้างบนเลย์เออร์ใดๆก็ได้ แต่ข้อควรระวังคือเมื่อสร้างในเลย์เออร์ Electrical จะทำให้โปรเทล มองเป็นทองแดง เพราะปรากฏออกมาพร้อมกับลายทองแดงขณะสร้างอาร์ทเว็ค ดังนั้น

โปรเทลจะแสดง **ERC (Electrical Rule Check)** ถ้าหากสร้างวัตถุเหล่านี้ทับหรือใกล้เส้นทางแดงมากเกินไป ส่วนการสร้างในเลเยอร์อื่นที่ไม่เกี่ยวกับทางไฟฟ้า เช่น Mechanical Layer จะไม่มีผลเช่นนี้

**สร้างข้อความ(String)**



รูปที่ 9—11 คุณสมบัติของ String



รูปที่ 9—12 เมื่อต้องการหมุน String

การสร้างข้อความ(String) ใช้สำหรับคำอธิบายต่างๆเช่นคำว่า TOP, BOTTOM เพื่อระบุด้านของ PCB ใช้สร้าง Part Number และ Serial Number เป็นต้น เมื่อต้องการสร้างให้ใช้คำสั่ง **Place>>String** จะเห็นข้อความปรากฏขึ้นที่เคอร์เซอร์ หากต้องการเปลี่ยนข้อความให้กดคีย์ **TAB** จะเห็นกรอบคุณสมบัติปรากฏขึ้น เข้าไปเปลี่ยนในช่อง **Text** เปลี่ยนขนาดและเลเยอร์ได้ตามต้องการ เมื่อกำหนดข้อมูลเรียบร้อยแล้วคลิกที่ OK เลื่อน String ไปวาง

- เมื่อต้องการแก้ไขข้อความที่วางไว้แล้ว ดับเบิลคลิกที่ข้อความจะเห็นคุณสมบัติปรากฏขึ้น แก้ไขเช่นเดียวกับรูปที่ 9—11

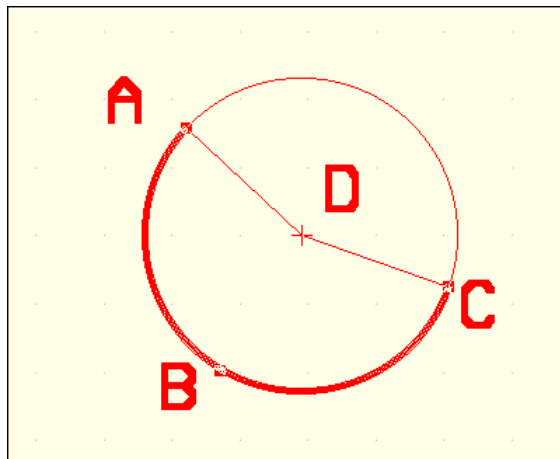
- เมื่อต้องการเปลี่ยนตำแหน่งข้อความที่วางไปแล้ว ให้คลิกที่ข้อความแล้วเลื่อนไปที่ตำแหน่งใหม่ คลิกอีกครั้งเพื่อวางในจุดที่ต้องการ

- เมื่อต้องการหมุนข้อความให้คลิกหนึ่งครั้ง จะเห็นสัญลักษณ์วงกลมที่ทำข้อความ คลิกอีกครั้งที่บริเวณวงกลม เลื่อนเมาส์เพื่อหมุนเป็นมุมต่างๆ เมื่อได้มุมที่ต้องการจึงคลิกอีกครั้ง

### สร้าง Arc

การสร้างเส้นโค้ง (Arc) สร้างได้ 3 วิธีคือ Arc(Center), Arc(Edge), Arc(Any Angle)

- ใช้คำสั่ง **Place>>Arc (Center)** สำหรับสร้างเส้นโค้งโดยเริ่มจากจุดศูนย์กลาง เลื่อนเมาส์ไปยังจุดศูนย์กลางที่ต้องการ กำหนดจุดตั้งต่อไปนี้ จุดศูนย์กลาง, รัศมี, จุดเริ่มต้นบน Arc, จุดสิ้นสุดบน Arc
- ใช้คำสั่ง **Place>>Arc (Edge)** สำหรับสร้างเส้นโค้งจากความยาว เลื่อนเมาส์คลิกที่จุดเริ่มต้นเส้นโค้ง ลากเมาส์เพื่อคลิกที่จุดที่สอง กำหนดขนาดใหญ่ เล็ก โดยเปลี่ยนระยะระหว่างจุดเริ่มต้นและสิ้นสุด
- ใช้คำสั่ง **Place>>Arc (Any Angle)** คล้ายกับวิธีแรก ต้องการ 3 คลิกคือ จุดเริ่มต้นบนเส้นโค้ง, จุดศูนย์กลาง, จุดสุดท้ายของเส้นโค้ง
- เมื่อวางเส้นโค้งไปแล้วและต้องการเปลี่ยนขนาด ให้คลิกที่ Arc หนึ่งครั้ง จะเห็นแฮนเดิลอร์ปรากฏขึ้น



รูปที่ 9—13 Arc ที่ได้วางไปแล้วและการแก้ไข

- คลิกที่จุด A, C เพื่อเปลี่ยนขนาดเส้นโค้ง
- คลิกที่จุด B เพื่อเปลี่ยนรัศมี
- คลิกที่จุด D เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งเส้นโค้ง

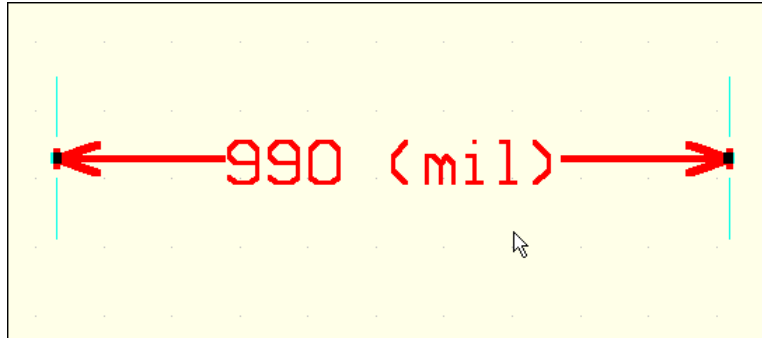
### สร้าง Dimension

เครื่องหมาย Dimension คือเครื่องหมายระบุขนาด ซึ่งเป็นขนาดตามจริงจากจุดเริ่มต้น ไปยังจุดสิ้นสุด

- ใช้คำสั่ง **Place>>Dimension** เลื่อนไปคลิกที่จุดแรก เมื่อลากเมาส์ไปจะเห็นตัวเลขบอกขนาด เปลี่ยนไปตามความยาว เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการคลิกอีกครั้ง

คู่มือ Protel99

- เมื่อต้องการเปลี่ยนขนาด,เปลี่ยนเลเยอร์,เปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลหน่วย ให้เข้าไปในคุณสมบัติโดยกดคีย์ **TAB** หรือดับเบิลคลิกที่ Dimension เข้าไปแก้ไขในกรอบคุณสมบัติ
- เมื่อต้องการเปลี่ยนขนาด ให้คลิกที่ Dimension หนึ่งครั้ง จะเห็นแฮนเดิลอร์ปรากฏขึ้นที่หัวและท้ายคลิกที่แฮนเดิลอร์ตัวที่ต้องการ เพื่อเปลี่ยนความยาวและตำแหน่งใหม่

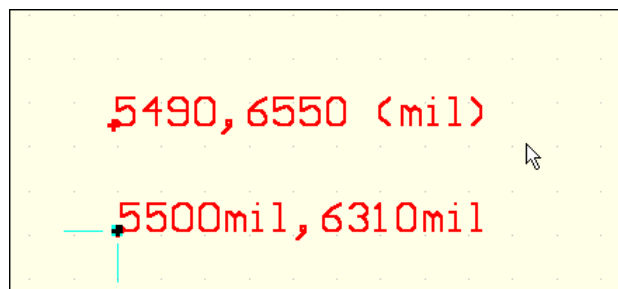


รูปที่ 9—14 Dimension ที่วางไว้แล้วและการแก้ไข

### สร้าง Co-ordinate

การสร้าง Co-ordinate คือการสร้างข้อความตำแหน่ง X,Y นับจากจุดเริ่มต้น (0,0) ค่าที่แสดงอยู่ในหน่วยขณะนั้น ซึ่งเลือกได้คือ mil หรือ mm

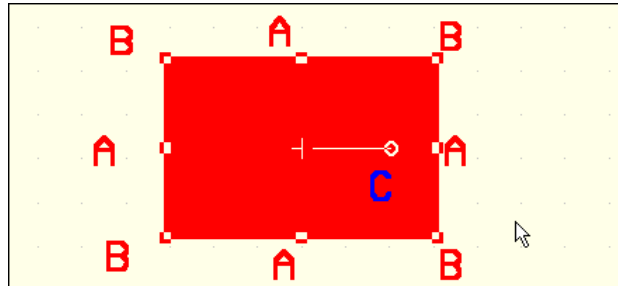
- ใช้คำสั่ง **Place>>Coordinate** จะเห็น co-ordinate ปรากฏขึ้น เลื่อนไปวางในตำแหน่งที่ต้องการ
- ระหว่างกำลังเลื่อนข้อความ กดคีย์ **TAB** จะแสดงคุณสมบัติ เปลี่ยนในส่วนที่ต้องการ เช่นเลเยอร์,ขนาดความสูงและกว้างของข้อความ เป็นต้น
- เมื่อต้องการย้ายตำแหน่ง co-ordinate ที่วางไปแล้ว ให้คลิกที่บริเวณใดๆ เลื่อนไปวางที่ตำแหน่งใหม่



รูปที่ 9—15 ตำแหน่งพิกัด

### สร้างบริเวณทึบ (Fill)

การสร้างบริเวณทึบ คือการสร้างพื้นที่สี่เหลี่ยมและระบายภายใน ใช้คำสั่ง **Place>>Fill** คลิกหนึ่งครั้ง กำหนดมุมบนซ้าย เลื่อนไปคลิกที่มุมล่างขวา จะเห็นรูปที่ได้เหมือนรูปที่ 9—16



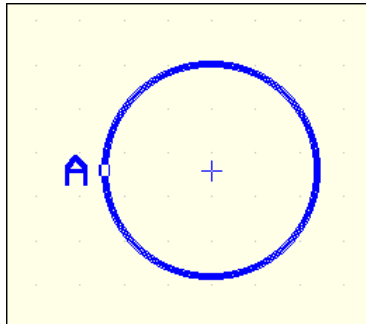
รูปที่ 9—16 การแก้ไข Fill Area

เมื่อต้องการแก้ไข Fill ให้คลิกที่วัตถุหนึ่งครั้ง จะเห็นเครื่องหมายแฮนเดิลปรากฏขึ้น คลิกที่จุดต่างๆ มีความหมายดังนี้

- คลิกที่จุด A ทั้งหมดเพื่อเลื่อนขอบซ้าย, ขวา, บน, ล่าง เปลี่ยนขนาดพื้นที่ เมื่อได้ขนาดใหม่ตามต้องการ คลิกอีกครั้งเพื่อจบ
- คลิกที่จุด B เพื่อต้องการย้ายเส้นด้านที่ต่อเข้าเป็นมุม B พร้อมกัน เมื่อเลื่อนไปจนได้จุดที่ต้องการ ให้คลิกอีกครั้งเพื่อจบ
- คลิกที่จุด C เพื่อหมุน Fill เมื่อคลิกแล้ว ลากเมาส์เพื่อหมุนเป็นมุมใดๆตามต้องการ คลิกอีกครั้งเพื่อจบ

### การสร้างวงกลม (Circle)

- เมื่อต้องการสร้างวงกลม ใช้คำสั่ง **Place>>Circle** คลิกครั้งที่ 1 กำหนดจุดศูนย์กลาง คลิกครั้งที่ 2 กำหนดรัศมี
- เมื่อต้องการย้ายตำแหน่งวงกลม คลิกที่บริเวณใดๆ เลื่อนไปคลิกที่บริเวณใหม่
- เมื่อต้องการเปลี่ยนขนาดวงกลม คลิกหนึ่งครั้งที่วงกลม เพื่อแสดงแฮนเดิล คลิกที่ A เพื่อเปลี่ยนรัศมี



รูปที่ 9—17 การสร้างวงกลม

## สรุป

การจัดเรียงอุปกรณ์เป็นส่วนที่สำคัญอย่างมากของการออกแบบ PCB ทั้งนี้ความสามารถในการเดินเส้นได้ทั้งหมดหรือไม่ จะเกี่ยวข้องกับคุณภาพการวางอุปกรณ์ ภายในโปรเทลมีเครื่องมือช่วยเหลือทั้งสำหรับการจัดเรียงด้วยผู้ออกแบบเอง (Manual Placement) และเครื่องมือชนิดโต้ตอบทันที (Interactive Placement) ซึ่งทำให้จัดอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบ มีระยะห่างเท่าๆกัน เรียงแนวด้านบนหรือล่างตรงกัน เป็นเรื่องง่าย สำหรับบอร์ดที่มีอุปกรณ์จำนวนมาก สามารถใช้การจัดวางอัตโนมัติ ซึ่งมี 2 ชนิดด้วยกันคือ Cluster Placer และ Statistical Placer แต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับอุปกรณ์จำนวนน้อยกว่า 100 และมากกว่า 100 ตัวตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการวางโดยปรับเปลี่ยนกฎการออกแบบให้ข้อบังคับต่างๆเป็นไปตามความซับซ้อนของบอร์ดที่ต้องการได้