

# 1

## กระบวนการสร้าง PCB

### PCB คืออะไร

Printed Circuit Board (PCB) เป็นส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญของวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ ซึ่งจะใช้เป็นทางเดินสัญญาณไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่อยู่ใต้วงจรอันจะทำให้วงจรมีการทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ แผ่นวงจรพิมพ์จะประกอบไปด้วยแผ่นฐานหรือซับสเตรตที่ทำจากแผ่นฉนวนบางๆ อัดยึตรวมกันด้วยสารประเภทเทอร์โมเซตติง เพื่อรองรับแผ่นตัวนำที่ใช้เชื่อมต่อสัญญาณไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์ (โดยทั่วๆ ไปใช้ทองแดง) ในครั้งแรกนั้นตัวนำที่ใช้เชื่อมต่อทำขึ้นจากการพิมพ์หมึกที่เป็นตัวนำลงไปบนแผ่นซับสเตรตจึงเป็นที่มาของคำว่า **“Printed Circuit Board”** หรือ PCB แต่ในปัจจุบันนิยมใช้แผ่นทองแดงบางๆ ยึดเข้ากับผิวหน้าของซับสเตรตด้วยกาว เรียกว่า **“Metal Clad Laminate”** ส่วนวัสดุที่ใช้ทำซับสเตรตที่นิยมกัน ได้แก่ กระดาษชุบฟีนอลิกอัด, อีพ็อกซีไฟเบอร์กลาส เป็นต้น

### PCB ทำหน้าที่อะไร

แผ่น PCB มีหน้าที่หลักในการยึดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน มีตัวนำซึ่งเป็นลายทองแดงทำหน้าที่เป็นทางเดินของสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์ตัวหนึ่งไปสู่ตัวอื่นๆ ตามวงจรถัดไป ได้ออกแบบไว้ โดยมีการบัดกรีตะกั่วที่บริเวณขาของอุปกรณ์ที่จุดบัดกรี (Pad) เพื่อเชื่อมต่อขาของอุปกรณ์เหล่านี้เข้ากับลายทองแดงของวงจรถัดไปและเพื่อใช้ยึดอุปกรณ์เข้ากับ PCB ไปในตัวอีกด้วย

### PCB ประเภทต่าง ๆ

**Single-Sided Boards** แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดมีลายวงจรด้านเดียว ประกอบไปด้วยซับสเตรตและชั้นของแผ่นตัวนำเพียงด้านเดียว เป็นที่นิยมใช้กับวงจรถัดไปที่มีความหนาแน่นของวงจรมีน้อยๆ ที่ใช้กันมาก

มี 2 ชนิด คือฟีนอลิกและอีพ็อกซี ซึ่งชนิดฟีนอลิกจะมีราคาถูกกว่าแต่มีข้อเสียคือเปราะมีความแข็งแรงต่ำและมีการต้านทานความชื้นต่ำทำให้สูญเสียความเป็นฉนวนง่าย จึงไม่เหมาะกับการใช้งานที่ความถี่สูง ตัวอย่างงานที่ใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ ได้แก่ แผ่นวงจรของเครื่องขยายเสียง, แผ่นวงจรในเครื่องรับวิทยุ-โทรทัศน์ เป็นต้น

**Double-Sided Boards** แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดมีลายวงจรสองด้าน ประกอบด้วยชั้นของแผ่นตัวนำสองด้านคือ ด้านบนและด้านล่างประกบกับชั้นของซับสเตรตอยู่ วัสดุที่นิยมให้นำมาทำเป็นซับสเตรตคือ ไฟเบอร์กลาสอีพ็อกซี แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้เหมาะกับงานที่มีความหนาแน่นของวงจรตั้งแต่ปานกลางจนถึงสูง รวมทั้งสามารถใช้งานที่ความถี่สูงๆ ได้ดี เนื่องจากวัสดุที่นำมาทำเป็นซับสเตรตมีคุณสมบัติเพียงพอแล้วยังสามารถใช้วิธีการ Plate Through Hole (PTH) เพื่อให้เส้นตัวนำทั้งสองด้านเชื่อมต่อกันได้ด้วย จึงช่วยลดเส้นทางเดินของลายวงจรและสามารถเพิ่มความหนาแน่นของวงจรได้มากขึ้นอีกทางหนึ่ง ตัวอย่างงานที่ใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ได้แก่ แผ่นวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์, แผ่นวงจรเครื่องส่งวิทยุ เป็นต้น

**Multi-layer Boards** แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหลายชั้น แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้จะประกอบไปด้วยชั้นของแผ่นตัวนำและซับสเตรตมากกว่าสองชั้น โดยการอัดชั้นต่างๆ เข้าหากันด้วยความร้อนและเครื่องอัดแรงดันสูง เหมาะกับงานที่มีความหนาแน่นสูงจนถึงสูงมาก ตัวอย่างงานที่ใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ ได้แก่ แผ่นวงจรหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์, แผ่นวงจรของเครื่องมือวัด, แผ่นวงจรทางการสื่อสารโทรคมนาคมต่างๆ เป็นต้น

**Flexible Circuit PCB** แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดอ่อน เป็นแผ่นวงจรพิมพ์ใช้กับงานที่ PCB ทั่วไปไม่สามารถติดตั้งได้ อาจเพราะถูกจำกัดด้วยพื้นที่ในการติดตั้ง หรือการใช้งานจะต้องมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ตัวอย่างของงานที่จำเป็นต้องใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ได้แก่ แผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างหัวอ่านดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งต้องมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลาหรือแผ่นวงจรพิมพ์ในกล่องถ้ำรูปที่ต้องมีการติดตั้งในพื้นที่จำกัด เป็นต้น

## กระบวนการของ PCB

1. การออกแบบ (PCB Design)—เริ่มจากออกแบบลายวงจร ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นนี้คือ Artwork หรือรูปวาดลายเส้นทองแดงในชั้นต่างๆของ PCB ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่นใช้ปัดเทปที่บดแสงบนแผ่นใส ซึ่งสร้างด้วยขนาด 2 เท่าแล้วมาถ่ายย่อให้เท่าขนาดจริง จากนั้นจึงนำไปทำ PCB การออกแบบด้วยวิธีนี้จะมีความยุ่งยากเป็นมากหากต้องออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อน เพราะโอกาสผิดพลาดสูง แต่ก็เหมาะกับงานที่ต้องการความรวดเร็ว อีกวิธีคือใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ ซึ่งสามารถทำวงจรซับซ้อนมากๆ ได้ดี เช่นลายเส้นที่มีความละเอียดมากๆ รวมทั้งออกแบบ PCB ชนิดหลายๆชั้น ได้ดีกว่าด้วย การตรวจสอบและแก้ไขทำได้สะดวก เพราะซอฟต์แวร์จะตรวจสอบระยะระหว่างวัตถุที่มีผลทางไฟฟ้าให้ตลอดเวลา ทำให้มีความถูกต้องเมื่อเทียบกับวงจรต้นฉบับ

2. การสร้างชิ้นงาน (PCB Fabrication)—หลังจากออกแบบลายวงจรเสร็จ จะต้องนำมาทำ Artwork แล้วนำมาผ่านกระบวนการทางเคมี เพื่อดึงส่วนของทองแดงที่ไม่ต้องการออกจาก เหลือเพียงลายเส้นเชื่อมต่อระหว่างขาของอุปกรณ์เท่านั้น กระบวนการจะซับซ้อนมากขึ้นเมื่อต้องการทำลายเส้นขนาดเล็กและมีจำนวนหลาย ๆ ชั้น

## ขั้นตอนการออกแบบ

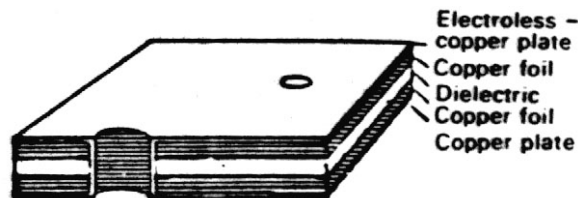
จะขอล่าวเฉพาะกระบวนการออกแบบด้วยซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบเท่านั้น โดยทั่วไปขั้นตอนการใช้งานซอฟต์แวร์ทั้งหลายเช่น OrCAD, Protel, PADS, PCAD จะมีลำดับขั้นดังนี้

1. **Schematic Capture**—การใส่วงจรด้วยซอฟต์แวร์ การใส่วงจรจะใช้สัญลักษณ์แทนอุปกรณ์จริงๆ ตามรูปร่างมาตรฐานและกำหนดการเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้าจากอุปกรณ์หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ซอฟต์แวร์สามารถตรวจสอบความผิดพลาดในการออกแบบเบื้องต้นเช่น ต่อเอาที่พู่ของอุปกรณ์สองชุดต่อมาชนกัน กำหนดชื่อสัญญาณไม่ตรงกันระหว่างสองจุดที่ตั้งใจให้ต่อกัน เป็นต้น
2. **PCB Layout**—นำข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปเน็ตลิสต์ (Netlist) จากวงจรมาเชื่อมกับฟุตพริ้นท์(Footprint) ซึ่งเป็นรูปร่างที่แท้จริงของอุปกรณ์บน PCB รวมกันสร้างเป็นลายวงจร มีขนาดความกว้างยาวถูกต้องตามสัดส่วน ซอฟต์แวร์ให้เครื่องมือสำหรับจัดการเช่น ย้ายอุปกรณ์วางบนบอร์ด ทำได้ทั้งออกแบบง่าย ๆ และการออกแบบที่ซับซ้อน วางอุปกรณ์ได้ทั้งด้านบนและด้านล่างของ PCB จัดการเดินเส้นทองแดงเพื่อเชื่อมต่อกัน กำหนดเส้นทองแดงมีขนาดความกว้างต่าง ๆ เครื่องมือต่อเส้นทองแดงทั้งชนิดอัตโนมัติและด้วยตนเอง
3. **Artwork Generation** —หลังจากจัดสร้าง PCB เสร็จเรียบร้อย ผลลัพธ์ที่ได้คืออาร์ทเวค(Artwork) หรือแผ่นฟิล์มซึ่งจะมีลายทึบแสงในตำแหน่งลายเส้นทองแดง เราจะนำอาร์ทเวคนี้ไปทำแผ่น PCB จริงๆโดยกระบวนการเคมี ซอฟต์แวร์สามารถสร้างไฟล์อาร์ทเวคได้หลายรูปแบบเช่น Gerber, PostScript, HP-GL การเลือกใช้ขึ้นกับความละเอียดที่ต้องการ และสามารถสร้างไฟล์ช่วยการผลิตเช่น Drill เพื่อใช้กับเครื่องเจาะอัตโนมัติ ไฟล์จะระบุตำแหน่งรูสำหรับขาอุปกรณ์ตรงตามออกแบบจนจบภาพ

## ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน

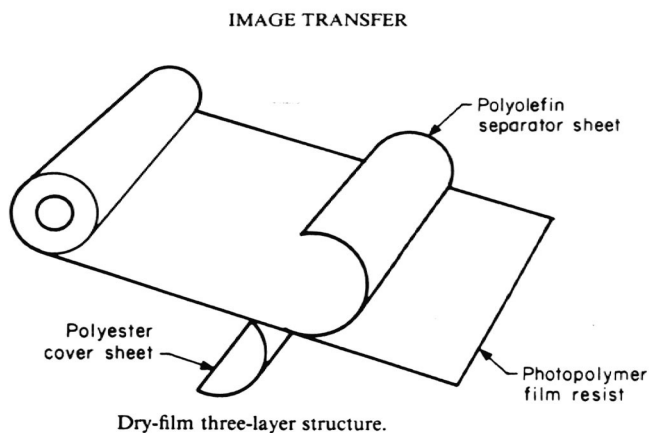
ในปัจจุบันแผ่นวงจรพิมพ์ที่ผลิตและใช้งานมีอยู่หลายชนิด จะขอแนะนำให้ศึกษาวิธีและขั้นตอนการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดสองหน้าเพลตทรูโฮล (PTH) เนื่องจากเห็นว่ามีการใช้งานกันอยู่มากในบ้านเรา การศึกษาทำความเข้าใจกับแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้จะเป็นประโยชน์และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบต่อไปได้ วิธีการและขั้นตอนการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดสองหน้าเพลตทรูโฮล มีขั้นตอนหลักที่สำคัญๆ ดังนี้

1. **Artwork Generation**—ก่อนลงมือทำ PCB เริ่มแรกจะต้องทำอาร์ทเวิร์คด้วยคอมพิวเตอร์ หรือที่เรียกว่า Electronic Computer Aided Design (ECAD) ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นไฟล์ชนิดต่างๆ เพื่อใช้สำหรับการผลิต PCB ในขั้นตอนต่อไป เช่น Postscript files, Gerber files, NC-Drill files เป็นต้น



รูปที่ 1—1 แสดง PCB ที่ผ่านขบวนการ Copper Plating มาแล้ว

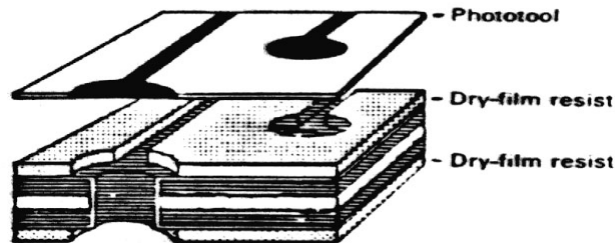
2. **Drilling** —หลังจากได้มาสเตอร์อาร์ทเวิร์คแล้ว นำแผ่น PCB เปล่าชนิดสองหน้ามาเจาะรูด้วยเครื่องเจาะอัตโนมัติ (Drilling Machines) จากไฟล์เจาะ (NC-Drill Files) ที่ได้จาก ECAD รูเจาะต่างๆ เหล่านี้ ได้แก่ PAD, VIA, รูสำหรับยึดอุปกรณ์, รูสำหรับยึดบอร์ด เป็นต้น



รูปที่ 1—2 รูปแสดงแผ่น Dry-Film ที่ใช้สำหรับการขึ้นลายวงจรด้วยวิธีทางแสงและเคมี

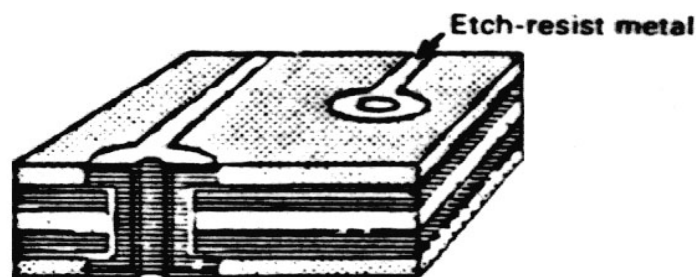
3. **Copper Plating**—นำ PCB ที่ผ่านการเจาะและล้างทำความสะอาด มาชุบทองแดงด้วยเคมี (Electroless Copper Plating) จะได้ชั้นทองแดงบางๆเคลือบไว้ จากนั้นนำมาชุบทองแดงด้วยไฟฟ้า (Copper Electro Plating) อีกครั้งเพื่อเพิ่มความหนาของชั้นทองแดงที่เคลือบ
4. **Laminate**—ทำความสะอาดแผ่น PCB แล้วรีดประกบด้วยแผ่นฟิล์มไวแสง(Dry-film) ทั้งสองด้านด้วยความร้อน

5. **Exposure**—นำแผ่นฟิล์ม Artwork master (ชนิด Positive) มาประกบแผ่น PCB ทั้งสองด้านให้ตรงกับรูที่เจาะไว้ ถ่ายผ่านด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตในระยะเวลาที่กำหนด ด้วยเครื่อง Exposure



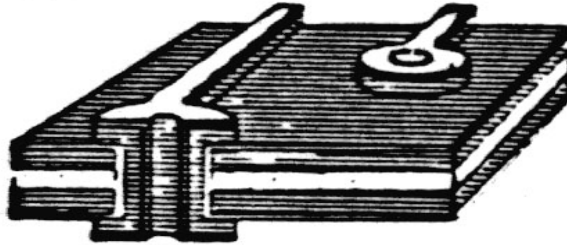
รูปที่ 1—3 แสดง PCB ที่ได้หลังจากการล้างชั้น Dry Film ส่วนที่ไม่ถูกแสงอุลตราไวโอเล็ตออก

6. **Resist Stripper**—นำ PCB ที่ได้จากการอัดแสง มาผ่านกระบวนการ Developing ซึ่งจะใช้น้ำยาเคมีทำให้เนื้อฟิล์มส่วนที่ไม่ถูกแสงหลุดออกไป จะได้ PCB ที่มีฟิล์มขึ้นลายแต่ลายนี้จะกลับตรงข้ามกัน โดยด้านที่ไม่ต้องการจะถูกหุ้มไว้ด้วยฟิล์ม ส่วนด้านที่ต้องการจะไม่มีฟิล์มและเห็นเป็นทองแดงอย่างชัดเจน



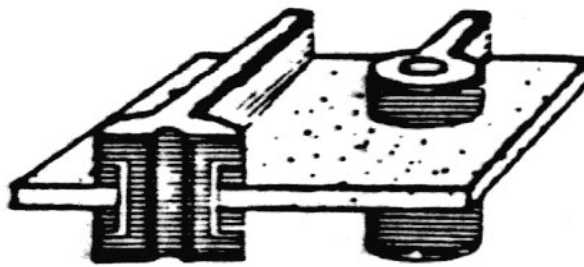
รูปที่ 1—4 แสดง PCB ที่ผ่านขั้นตอนการชุบตีบูกมาแล้ว

7. **Tin/Lead Plating**—นำ PCB ที่มีลายของฟิล์มเคลือบอยู่มาชุบตีบูกด้วยไฟฟ้า ซึ่งตีบูกก็จะติดเข้ากับส่วนที่นำไฟฟ้าโดยจะติดด้านที่ไม่มีฟิล์มปิดอยู่ ส่วนด้านที่มีฟิล์มปิดอยู่ก็จะชุบตีบูกไม่ติด
8. **Etching**—ล้างชั้นของลายเส้น Dry-Film ที่เคลือบ PCB อยู่ ออก จะได้แผ่น PCB ที่มีลายเส้นตีบูกเคลือบอยู่ โดยส่วนที่ไม่ต้องการก็จะเป็นทองแดงเหมือนเดิม จากนั้นทำการกัดทองแดงออกด้วยวิธีทางเคมีโดยไม่ทำให้ชั้นลายเส้นของตีบูกหลุดออกไปด้วย ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้ก็จะได้ PCB ที่มีเส้นลายวงจรเป็นตีบูก



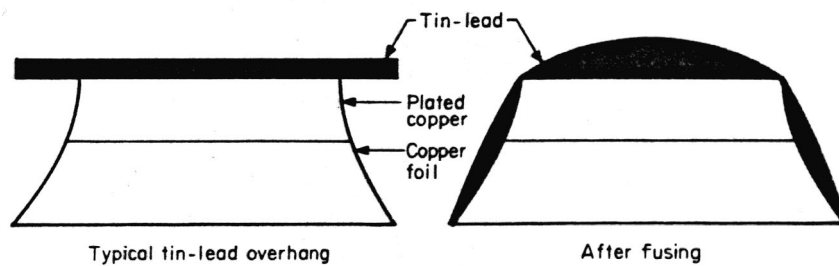
รูปที่ 1—5 แสดง PCB ที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนการกัดลาย  
ทองแดงส่วนที่ไม่ต้องการออกไปแล้ว

9. **Solder Re-flow** —อบแผ่น PCB ด้วยไอน้ำมันร้อน ทำให้ชั้นดีบุกที่เคลือบอยู่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันลงไปคลุมด้านข้างของลายเส้น ทำให้ทองแดงไม่สัมผัสอากาศ จะได้ลายวงจรมีความสวยงามและทนทาน



รูปที่ 1—6 แสดง PCB ที่ได้หลังการล้าง Dry-Film ออกไป

10. **Solder Resist** —ทำการพิมพ์ซิลค์สกรีนแผ่นวงจรพิมพ์ที่ผ่านกระบวนการ Solder Reflow มาแล้ว ด้วยสีพิเศษที่มีคุณสมบัติทนความร้อน เพื่อใช้เป็นชั้นสำหรับป้องกันการช็อตกันของลายวงจรเนื่องจากปัญหาการเกิดตะกั่วไหลขณะทำการบัดกรี



รูปที่ 1—7 แสดงภาพตัดขวางของเส้นลายวงจรก่อนและหลังการทำ Solder Reflow

11. **Inspection** —ขั้นตอนสุดท้ายที่สำคัญคือ การตรวจสอบความบกพร่องของ PCB ได้แก่ การขาดของลายเส้นวงจร, การช็อตกันระหว่างเส้นวงจร, ตรวจสอบความผิดปกติภายในรูทูลโฮล เป็นต้น

## CAE Software ที่เป็นที่แพร่หลายในตลาด

ในปัจจุบันซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบแผ่นวงจรมีการผลิตออกมามากมายหลายโปรแกรมขอยกตัวอย่างโปรแกรมที่เป็นที่นิยมใช้งานกันทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย OrCAD, PROTEL, PADS, PCAD เป็นต้น

### ผู้ผลิตซอฟต์แวร์

#### CAE/CAD

PADS - PCB Design Software	<a href="http://www.pads.com">http://www.pads.com</a>
PADS Technical Support	<a href="http://support.pads.com/PowerPCB/appnotes/appnote01.htm">http://support.pads.com/PowerPCB/appnotes/appnote01.htm</a>
Cadence - PCB Design Software & Specctra Autorouter	<a href="http://www.cadence.com">http://www.cadence.com</a>
Protel 99 – PCB Design Software	<a href="http://www.protel.com/">http://www.protel.com/</a>
Mentor Graphics & VeriBest	<a href="http://www.veribest.com/">http://www.veribest.com/</a>
Accel Technologies (PCAD & Tango)	<a href="http://www.acceltech.com">http://www.acceltech.com</a>
Zuken/Redac	<a href="http://www.zuken.com/">http://www.zuken.com/</a>

#### Mechanical CAD Software Manufacturer:

AutoDesk – AutoCAD	<a href="http://www.autodesk.com/">http://www.autodesk.com/</a>
CADKEY	<a href="http://www.cadkey.com/">http://www.cadkey.com/</a>

#### PCB CAE/CAD Libraries:

CADPRO Systems – CAD Libraries & Power Tools	<a href="http://www.cadprosystems.com/">http://www.cadprosystems.com/</a>
CADPRO Systems Netcheck Tools	<a href="http://www.cadprosystems.com/files/nct41-unl.exe">http://www.cadprosystems.com/files/nct41-unl.exe</a>
SMT Plus – CAD Libraries	<a href="http://www.smtplus.com/">http://www.smtplus.com/</a>
OrCAD Schematic Symbols	<a href="http://www.activeparts.com">http://www.activeparts.com</a>
Mentor and VeriBest Libraries	<a href="http://caddatastore.hp.com/perl/index.pl">http://caddatastore.hp.com/perl/index.pl</a>

#### CAM Software Manufacturer:

ACT (CAM350) offers a free Gerber Viewer	<a href="http://www.ecam.com/">http://www.ecam.com/</a>
Innovative CAM Software: CAMtastic! 99 Gerber Viewer	<a href="http://www.innovcad.com/">http://www.innovcad.com/</a>
Lavenir: sells cam stations, viewers (ViewMate V6.1)	<a href="http://www.lavenir.com">http://www.lavenir.com</a>
GraphiCode: GC Preview Gerber Viewer	<a href="http://www.graphicode.com">http://www.graphicode.com</a>
Wise Software Solution's: GerbTool Gerber Viewer	<a href="http://www.gerbtool.com">http://www.gerbtool.com</a>
Valor: Enterprise 3000	<a href="http://www.valor.com">http://www.valor.com</a>
Router Solutions is a leading provider of netlist, design verification, schematic, PCB, graphic and manufacturing interface tools, CAE/CAD/CAM interface program and Single CAD system integration software and graphical PCB viewers for the Electro-Mechanical Industry.	<a href="http://www.rsi-inc.com">http://www.rsi-inc.com</a>

#### Conversion Programs:

Artwork Conversions – HP2DXF (HPGL to DXF)	<a href="http://www.artwork.com/acad/index.htm">http://www.artwork.com/acad/index.htm</a>
Relationship between trace current, geometry, and temperature rise of PCB traces (PCBTemp.exe)	<a href="http://www.ultracad.com/calc.htm">http://www.ultracad.com/calc.htm</a>
Dataxpress, Inc. – Schematic Translators	<a href="http://www.dataxpress.com/">http://www.dataxpress.com/</a>

**Technical References:**

Association Connecting Electronic Industries

<http://www.ipc.org/>

Standard Registered Component Outlines

<http://www.jedec.org>

VITA = VMEbus International Trade Association

<http://www.vita.com>

Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

<http://www.ieee.org>

American National Standards Institute (ANSI)

<http://web.ansi.org>

American Society For Testing and Materials (ASTM)

<http://www.astm.org>

Underwriters Laboratories Inc. (UL)

<http://www.ul.com> &

<http://www.ul.com/info/standard.htm>

Electronic Source Book.

<http://www.the-esb.com>