



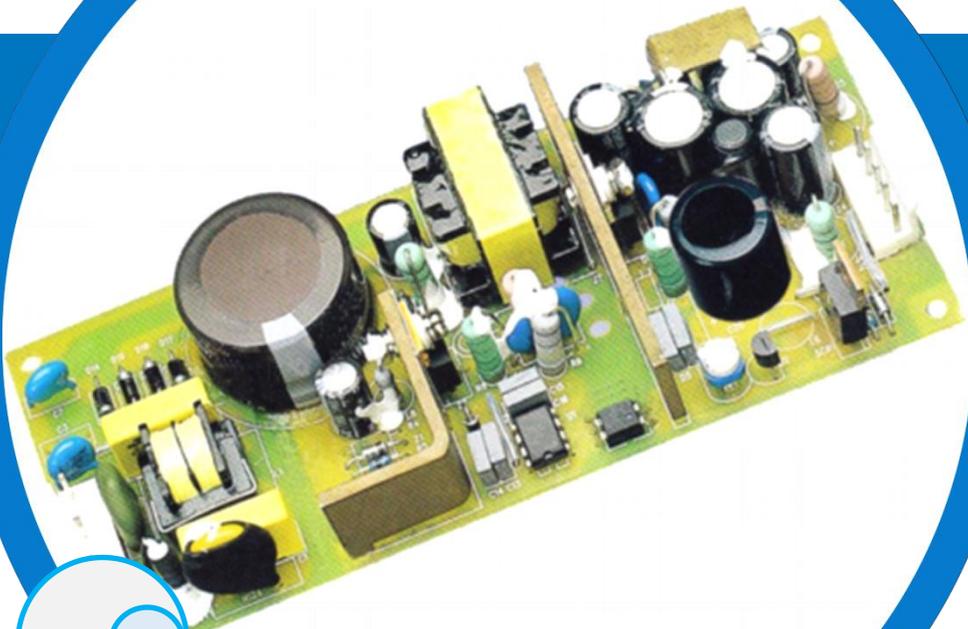
河南职业技术学院  
HENAN POLYTECHNIC



# PCB设计及应用

主讲教师:

PCB设计及应用





## 项目 5

**01** 任务5.1 智能PDF应用和Output Job文件输出

**02** 任务5.2 直流稳压电源单面板制作

**03** 任务5.3 单片机开发板双面板制作



河南职业技术学院  
HENAN POLYTECHNIC

# 5

## 任务5.3 单片机开发板

### 双面板制作



# 目

# Contents

# 录

1 任务目标

2 能力目标

3 相关知识

4 任务实施

5 解惑启智

6 思考与练习



河南职业技术学院  
HENAN POLYTECHNIC

---

**PART**  
**PART**  
**1**

# 任务目标

---



# PART 1

## 任务目标

01

生成单片机开发板项目的 Gerber 文件

02

熟悉和练习操作刻板机的使用方法

03

熟悉 CircuitCAM 中的数据转换/编辑

04

单片机开发板双面PCB制作



河南职业技术学院  
HENAN POLYTECHNIC

---

**PART**  
**PART**  
**2**

# 能力目标

---



# PART 2

## 能力目标

1. 知识目标：熟悉Altium Designer的Gerber文件的作用和参数内涵；熟悉使用雕刻法制作PCB主要设备的特点及功能。
2. 技能目标：能够正确生成Gerber文件；会使用CircuitCAM软件处理Gerber文件；会使用雕刻法制作双面PCB。
3. 素质目标：训练学生的工程意识和良好的劳动纪律观念，培养学生一丝不苟认真做事的态度。



河南职业技术学院  
HENAN POLYTECHNIC

---

**PART**  
**PART**  
**3**

# 相关知识

---

# 3 相关知识

## 5.3.1 生成Gerber文件

打开“单片机开发板”PCB工程中设计好的PCB文件，在PCB编辑器中，选择菜单栏中的“File”→“Fabrication Outputs”(制造输出)→“Gerber Files”(Gerber光绘文件)选项，打开如图5-18所示的“Gerber Setup”(Gerber设置)对话框。

### 1.全局设置

在“Gerber Setup”对话框中，显示的是“General”(通用)选项卡，其中2:3表示1mil的分辨率；2:4表示0.1mil的分辨率；2:5表示0.01mil的分辨率；本数据可以和制板商协商，通常只有在输出对象需要控制在1mil的网格内时，才选用2:4或2:5的格式。

在全局设置中，可以指定输出的Gerber文件的Units(单位)和Format(格式),单位可以是Millimeters(公制)和Inches(英制)；格式定义可以设置相关数据的精度，为

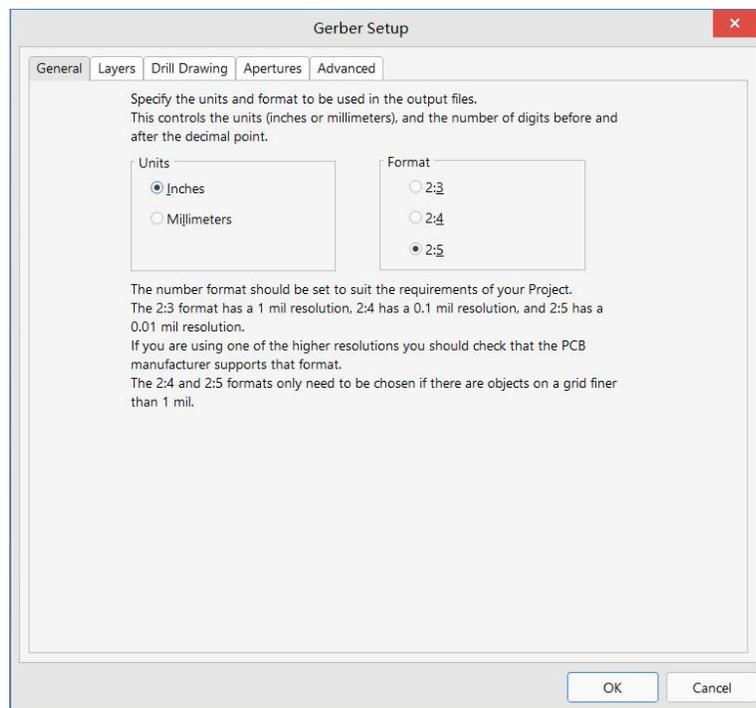


图5-18 “Gerber Setup”对话框  
PCB设计及应用

## 3 相关知识

### 5.3.1 生成Gerber文件

PCB加工指定对象放置的精度，如2:3表示1mil的分辨率(1mil=1/1000 英寸)。如果设计中对象放置的网格为1mil，则在输出Gerber文件时应将格式设置为小于1mil。

#### 2.层设置

在图5-18中选择“Layers”选项卡，如图5-19所示。在左侧列表框中可以选择需要绘制及镜像的层；在右侧列表框中可以选择与绘制设定层的机械加工层；包含未连接中间信号上的焊盘选项功能，表示不与中间信号层上孤立的焊盘连接在一起。该项功能仅限于包含中间信号层的PCB文件输出Gerber时使能。

在层设置中，选择要输出产生Gerber文件的层；还可以指定任何需要产生镜像的层。同时，还可以指定哪些机械层需要被添加到Gerber文件中。

## 视频演示二维码



# 3 相关知识

## 5.3.1 生成Gerber文件

### 3. 绘制钻孔设置

在图5-18中选择“Drill Drawing”（钻孔图层）选项卡，在该选项卡中用户可以选择自动或指定绘制钻孔对图，在生成的钻孔表格的左下角会出现字符`.Legend`，通常钻孔表格是不可见的。利用钻孔对图可以知道钻孔的尺寸大小。绘制钻孔向导可以在PCB上标出每个钻孔的位置。

**Graphic Symbols**表示图形符号；**Size of hole string**是指用字符串表示过孔大小；**Characters**是指用字符表示过孔。在绘制钻孔设置中，可以指定哪些层对需要进行钻孔绘制；还可以指定用于表示各种尺寸钻孔绘制符号的类型和大小。同时，还可以指定哪些层对需要一个钻孔向导文件，钻孔向导是一幅可以标定PCB上每个钻孔点的图。

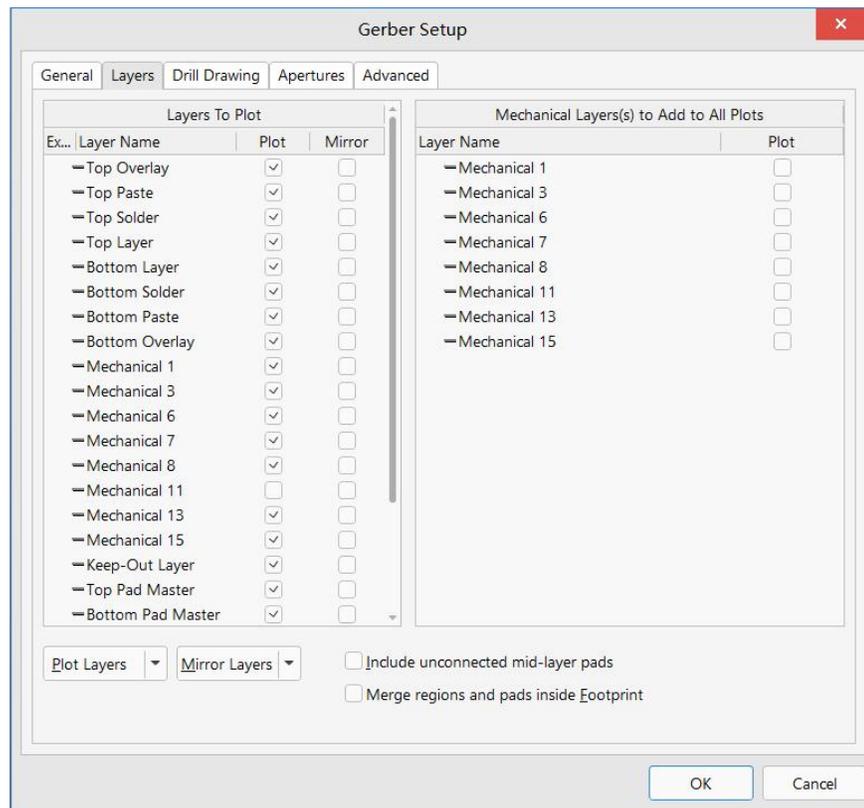


图5-19 “Layers”选项卡

## 3 相关知识

### 5.3.1 生成Gerber文件

#### 4. 光圈设置

在图5-18中选择“Apertures”（光圈）选项卡，在光圈设置中，可以使能或设置设计中特定的光圈信息。当使能了嵌入式光圈（RS274X）参数后，系统会自动为输出的Gerber文件生成一个光圈列表，并根据RS274X标准将光圈嵌入在Gerber文件中，因此不必担心是否当前的光圈列表中已经包含了所有必要的光圈信息。如果没有使能该参数，则需要在主要的光圈区域中调用、编辑或添加符合要求的光圈表。

需要生成新的光圈时，单击“新建”按钮打开DCoDe对话框。在D000到D9999之间，用户可以指定最多1000个不同的代码方案，其中D00~D09是为特定的一些图片预留的。在输入新的代码方案时不需要在每个代码前添加字符D。

在输入新的代码方案后，将会在打开的对话框中编辑光圈的属性，并保存。

#### 5. 高级设置

在高级设置中，如输出Gerber文件时的可视的胶片尺寸、光圈匹配公差及零抑止等参数可以被指定。

## 3 相关知识

### 5.3.1 生成Gerber文件

在图5-18中选择“Advanced”（高级）选项卡，在“File Size”（文件大小）中定义输出胶片的尺寸，用户在输出Gerber文件时需要设置一个合适的数值；通常在对拼板时需要预留的区域至少应为边框值的2倍。光圈匹配公差用来设置相邻两个光圈的差值大小。在批处理模式中选择每层独立生成一个输出文件还是在上一层上将所有层同时绘制。在其他属性栏中，G54主要为了满足旧的制板绘图设备的需要；当绘图机不能绘制圆弧时需要选择“Use software arcs”（使用软件弧）选项。使能Center on film参数，产生的Gerber数据将自动定位在胶片的中央。在该栏中，还可以设置输出图片是矢量（vector）类型还是光栅（raster）类型。另外，额外还将生成\*.rul（在PCB文件中定义的设计规则约束）及\*.rep（生成Gerber文件时的全局报告）文件。Altium Designer系统针对不同PCB层生成的Gerber文件对应着不同的扩展名。

## 3 相关知识

### 5.3.2 雕刻法制作PCB的优点

LPKF快速制板系统雕刻法制作PCB的优点如下。

- 1) 制作单件、样品的速度比较快，适合教师从事科研、学生参加各种电子大赛等。
- 2) 制作电路的精度比较高，一般机型均可制作0.1mm的线宽和间距，接近目前的工业化制作PCB水平。
- 3) LPKF系统配套的CircuitCAM软件接收设计数据并进行数据处理。该软件安装方便，可以用来让学生了解使用Altium Designer、Cadence、PowerPCB等电路板EDA设计软件设计的PCB数据在PCB工厂是怎样进行数据转化、数据输出、数据处理的，数据处理后每种数据是如何使用的，数据是如何转化成各种制造数据的等。
- 4) LPKF快速制板系统还可以制作带有盲/埋孔的多层PCB，带有盲/埋孔的多层PCB在工业化PCB制作领域具有较高的水平，目前在高端的电子领域已经得到了大量的应用。学生学习阶段有了这样的学习和实践经验，在将来工作中就可以应对更高的设计技术要求。

## 3 相关知识

### 5.3.3 雕刻法实验室加工

雕刻法实验室可完成的加工内容如下。

- 1) 加工铭牌、面板、罩板、壳体。
- 2) 加工铣盲槽、开窗口、针床钻孔。
- 3) 加工透铣外形、修板分板。
- 4) 制作阻焊膜、焊膏掩膜、其他薄膜。

雕刻法实验室加工可完成的任务如图5-20所示。

### 5.3.4 雕刻法制作PCB的主要设备

雕刻法制作PCB的主要设备，本任务以天津乐普科为样本，如图5-21所示。这些设备在PCB的加工过程中的使用简介如下。

(1) 单面电路板（使用任何一款电路板刻制机）制作设备的使用

- 1) 钻孔。
- 2) 按设计铣去部分铜箔，形成导线和图形。
- 3) 沿外形线透铣，获得电路板。

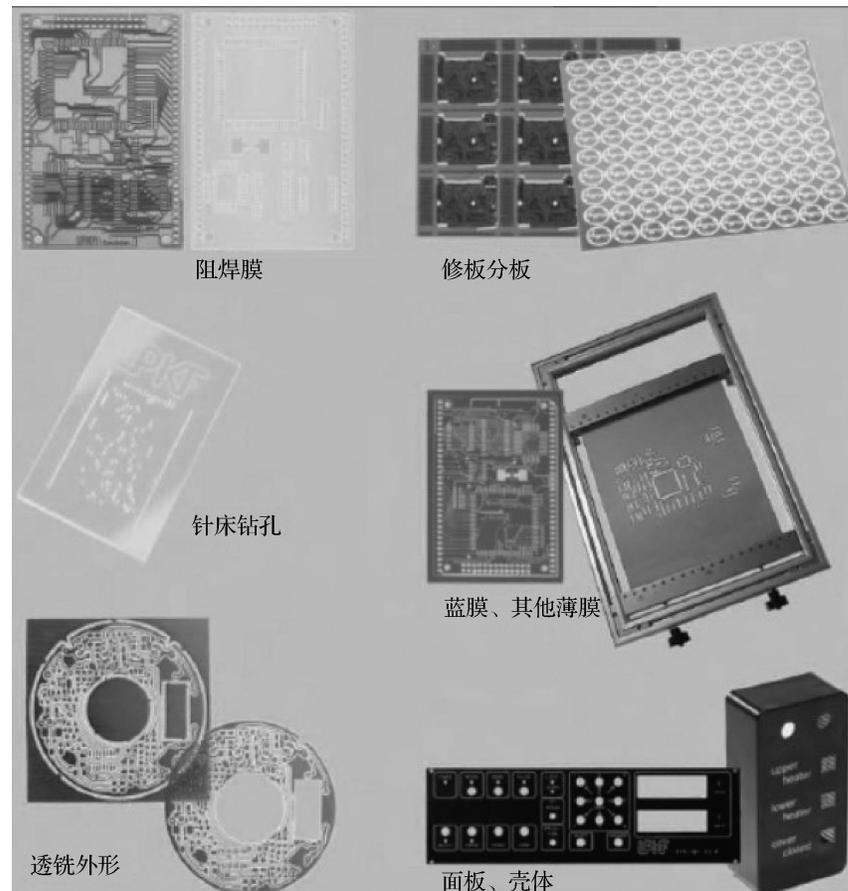


图5-20 雕刻法实验室制作图示

### 3 相关知识

(2) 双面电路板（电路板刻制机+孔金属化设备）加工设备的使用

- 1) 钻孔。
- 2) 用孔化设备向孔壁上添加导电材料。
- 3) 按设计铣去正反两面铜箔，形成导线和图形。
- 4) 沿外形线透铣，获得电路板。

(3) 多层电路板（电路板刻制机+孔金属化设备+层压设备）加工设备的使用

- 1) 按设计铣去内层部分铜箔，形成导线和图形。
- 2) 层压，将内层和外层热压合在一起。
- 3) 钻孔。
- 4) 用孔化设备向孔壁上添加导电材料。
- 5) 按设计铣去外层部分铜箔，形成导线和图形。
- 6) 沿外形线透铣，获得电路板。

(4) 阻焊装置  
使用光化学法将阻焊涂层转移到电路板上。



图5-21 雕刻法制作PCB的主要设备

## 3 相关知识

### (5) SMD电路板安装

- 1) 使用焊膏漏印装置将焊膏正确地漏印到印制电路板的焊盘或相应位置上，为电子元件的贴装做好准备。
- 2) 使用贴片装置将电子元件准确安装到印制电路板的对应位置。
- 3) 使用回流焊装置完成电子元件的焊接。

### 5.3.5 雕刻法制作PCB的主要流程

#### 1. 数据处理

LPKF系统数据处理软件CircuitCAM是一个功能强大、简单易用的电子领域CAM软件，可以读入的数据格式有标准Gerber（RS-274-D）、扩展Gerber（RS-274-X）、Excellon数控钻、Sieb Meier数控钻、HP-GLTM、Barco DPF、AutoCADTM DXF等。用电子CAD或EDA软件输出Gerber格式的数据并导入CircuitCAM中进行处理。

CircuitCAM还具有强大的图形功能，电子技术常用的各种图形，如各种形状的焊盘、对位标记、多边形、导线都可以使用CircuitCAM软件进行绘制、编辑和处理。其主要的数据处理包括以下几个方面。

- 1) 设置外形：分板外形边框切割轨迹。
- 2) 设置规则检查：检查导线间距以便选择合适的刀具。

## 3 相关知识

- 3) 绝缘计算：沿着焊盘和线路周围生产绝缘包络线，大面积剥铜方式的刀具加工轨迹。
  - 4) 设置靶标：靶标识别孔，使用摄像头自动识别、定位等。
  - 5) 文字编辑：加载汉字，注意是阴刻还是阳刻等。
- 电路板设计数据经**CircuitCAM**读入、处理，输出\*.Imd文件到刻板机驱动软件**Board Master**，然后**Board Master**软件驱动刻板机。

### 2. 使用电路板刻制机钻孔

以比所设计的电路板尺寸略大的覆铜板为原料，在覆铜板上钻两个定位孔，这两个定位孔是将来一系列加工的定位标准。在刻板机上有两个可沿X轴移动的销钉，调整定位销使其插入定位孔中并将覆铜板固定在刻制机的工作台面上。使用**Board Master**给出的钻孔命令，刻制机的X、Y系统带动钻头、铣头运动，到达指定位置后装有钻头的高速电动机向下运动并钻出孔，如图5-22所示。

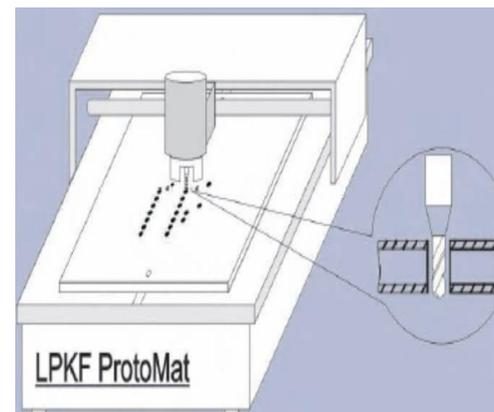


图5-22 使用电路板刻制机钻孔

## 3 相关知识

### 3. 孔金属化

将钻完孔的覆铜板从刻制机上取下，在金属化设备中通过物理和电化学手段在孔壁上沉积金属，使覆铜板两面的线路通过孔壁实现电气连接。

孔金属化（用可靠、环保、简单的手段代替PCB加工中复杂的金属化工艺）的步骤如下。

- 1) 孔壁活化，在孔壁上物理沉积一层导电物质。
- 2) 电镀铜加厚，使孔壁铜层厚至能满足一定的机械和电气指标，如图5-23所示。

### 4. 焊接面电路图形刻制（替代化学腐蚀）

用定位销和定位孔将电路板固定在刻制机工作台上，铣刀高速旋转，在指令控制下穿透铜箔，触及绝缘介质，沿导线、焊盘外轮廓运动，切削掉遇到的铜箔，形成绝缘沟道。如果需要剥掉大面积的铜箔，则选用大直径铣刀。焊接面电路图形刻制如图5-24所示。

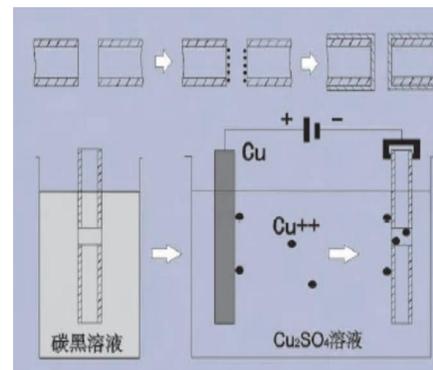


图5-23 孔金属化

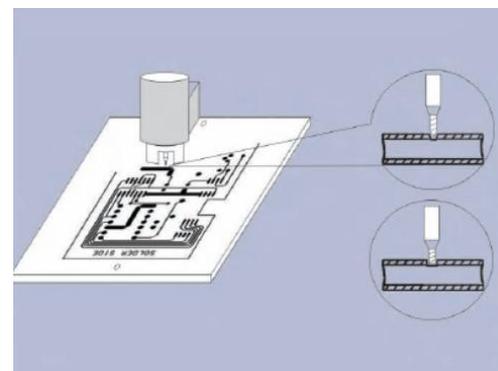


图5-24 焊接面电路图形刻制

### 3 相关知识

#### 5. 元器件面电路图形刻制

将电路板翻面，使用同样位置的定位销和定位孔将电路板固定在刻制机工作台上，电路板翻面后，**BoardMaster**软件会自动调整计算机中的图形，使其位置与覆铜板上已有的孔和图形相对应。通过**BoardMaster**给出加工指示，铣制出元器件面的绝缘沟道，剥掉不需要的铜箔，如图5-25所示。

#### 6. 透铣取下电路板

在**BoardMaster**中给出透铣外形指令，根据软件指示，在主轴电动机卡头上换上侧面有刃的透铣铣刀，高速旋转的铣刀向下运动，穿透电路板，然后被X、Y运动系统带动，沿电路板外轮廓线运动，把电路板与覆铜板的其他部分分离。取下电路板，直接使用或再经贴阻焊膜、在焊盘上涂覆助焊材料加工后使用。

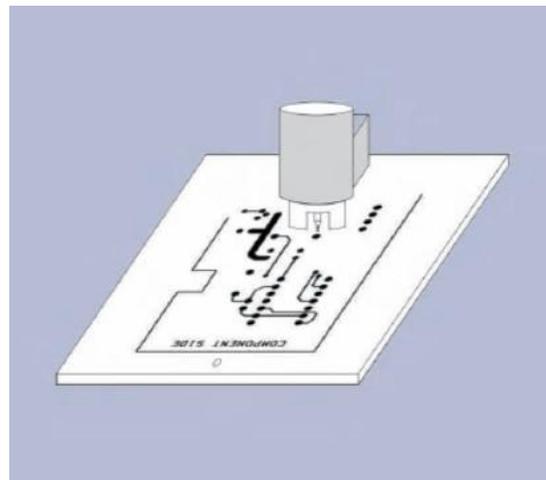


图5-25 元器件面电路图形刻制

## 3 相关知识

采用LPKF电化学镀铜方式，制作一块双面板的主要步骤如下。

- 1) 打导向孔（可选）。
- 2) 钻导通孔。
- 3) 钻非导通孔（可选）。
- 4) 铣底面图。
- 5) 铣顶面图。
- 6) 切割内槽（可选）。
- 7) 切割外形。



河南职业技术学院  
HENAN POLYTECHNIC

---

**PART**  
**PART**  
**4**

# 任务实施

---

# 4 任务实施

## 1. Gerber文件输出

- 1) 打开PCB文件。选择菜单栏中的“File” → “Fabrication Outputs” → “Gerber Files”选项，打开“Gerber Setup”对话框。
- 2) 在“General”选项卡的“Units”选项组中选中“Inches”单选按钮，在“Format”选项组中选中“2: 3”单选按钮。
- 3) 选择“Layers”选项卡，在该选项卡中选择输出的层，一次选中需要输出的所有层。
- 4) 在“Layers”选项卡中，单击“Plot Layers”（划分层）按钮，选择“Used On”（惯用）选项，选择输出顶层布线层。
- 5) 选择“Drill Drawing”选项卡，在“Drill Drawing Plots”（钻孔图绘制）选项组中选中“Top Layer-Bottom Layer”（顶层-底层）复选框，在该选项组右侧的“Drill Drawing Symbols”（钻孔图绘制符号）选项中选中“Graphic symbols”（绘图符号）单选按钮，将“Symbol size”（符号大小）设置为50mil。
- 6) 选择“Apertures”选项卡，如果取消选中“Embedded apertures (RS274X)”（嵌入光圈）复选框，此时系统将在输出加工数据时，自动生成D码文件。这里选中“Embedded aperture (RS274X)”复选框。
- 7) 选择“Advanced”选项卡，采用系统默认设置。

## 4 任务实施

- 8) 单击“OK”按钮，得到系统输出的Gerber文件。同时系统输出各层的Gerber和钻孔文件，共12个。
- 9) 选择菜单栏中的“File”→“Export”→“Gerber”选项，打开如图5-26所示的“Export Gerber(s)”（输出Gerber文件）对话框。
- 10) 单击“Settings”按钮，打开如图5-27所示的“Gerber Export Settings”（Gerber导出设置）对话框。
- 11) 在“Gerber Export Settings”对话框中，采用系统的默认设置，然后单击“OK”按钮。在“Export Gerber(s)”对话框中，还可以对需要输出的Gerber文件进行选择，然后单击“OK”按钮，系统将输出所有选中的Gerber文件。
- 12) 在PCB编辑器中，选择菜单栏中的“File”→“Fabrication Outputs”→“NC Drill Files”（输出无电气连接的钻孔图形文件）选项，输出无电气连接钻孔图形文件，这里不再赘述。

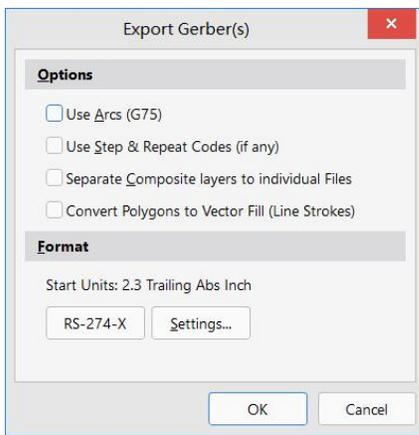


图5-26 “Export Gerber(s)”对话框

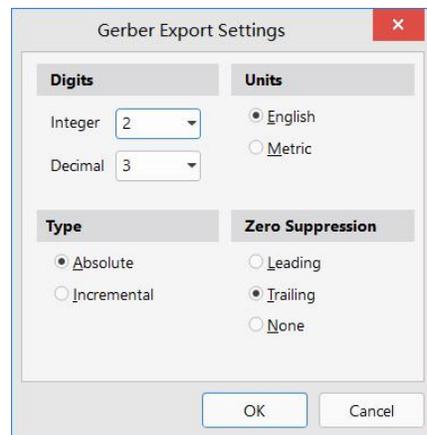


图5-27 “Gerber Export Settings”对话框

# 4 任务实施

## 2. 将设计文件导入CircuitCAM

- 1) 打开CircuitCAM，选取模板，如果为双面板则选择“Default”选项。
- 2) 选择“File” → “Import”（导入）选项，在打开的对话框中选择需要导入的文件。
- 3) 导入Gerber格式的文件（上下层线路、板外框）。
  - ① 导入光圈表（若是Gerber格式的文件，由于文件中自带光圈表信息，可以省去这步）。选择扩展名为.apr的文件。
  - ② 分别导入底层\*.Gerber文件和顶层\*.Gerber文件。选择“File” → “Import”（顶层文件）选项，在打开的对话框中选择扩展名为.gbl的文件。
  - ③ 重复上述操作导入顶层\*.gtl文件和外框层\*.gko文件。
- 4) 导入钻孔程式。
  - ① 导入刀具表（钻孔报告文件），选择“File” → “Import”选项，在打开的对话框中选择钻孔报告文件，选择扩展名为.drr的文件。
  - ② 导入钻孔文件，选择“File” → “Import”选项，在打开的对话框中选择钻孔文件，选择扩展名为.drl的文件。

# 4 任务实施

## 3. 在CircuitCAM中进行数据转换/编辑

1) 制作外框（外形）切割资料，选择“NC/Tool path”（数控加工/刀具路径）→“PCB Contour Routing”（PCB轮廓路径）选项或单击“PCB Contour Routing”按钮，如图5-28所示。

打开如图5-29所示“PCB Contour Routing”对话框，该对话框中的设置说明如下。

- ① 选中“Outside”单选按钮表示切割外形框，选中“Inside”单选按钮表示要切割内槽。
- ② 选中“Source”选项组中的“Layer”单选按钮，并选择其右侧下拉列表中的“BoardOutline”选项，表示原始外框资料所在的位置。
- ③ 在“Destination”选项组中，选择“Layer”下拉列表中的“CuttingOutside”（切割外侧）选项，表示转换后的切割数据存放的位置。
- ④ 在“Tool path”选项组的“Tool”下拉列表中，可以选择切割外框所用的刀具。

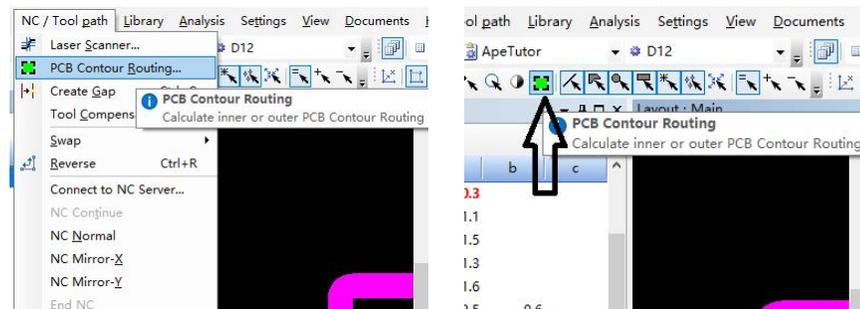


图5-28 选择外框（外形）切割资料

# 4 任务实施

## 3. 在CircuitCAM中进行数据转换/编辑

⑤ 在“Breakout”选项组中可以设置间断点，图中设置表示按4mm的距离自动设置间断点，间断点的宽度为1mm。

设置完成后，单击“OK”按钮，然后在“Jobs”对话框的“Contour\_Routing”条目上右击，在弹出的快捷菜单中选择“Run”选项，如图5-30所示，即可完成外形切割数据的转换。

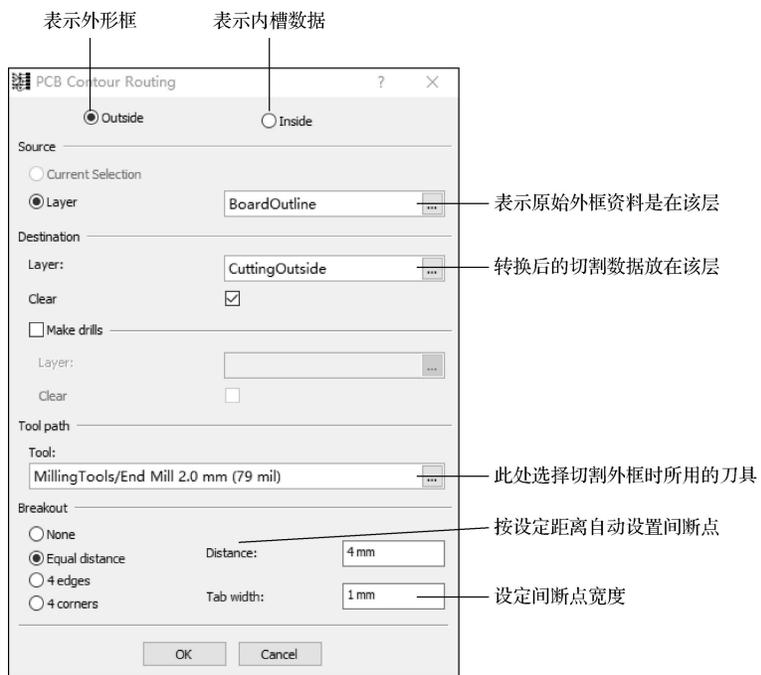


图5-29 “PCB Contour Routing”对话框

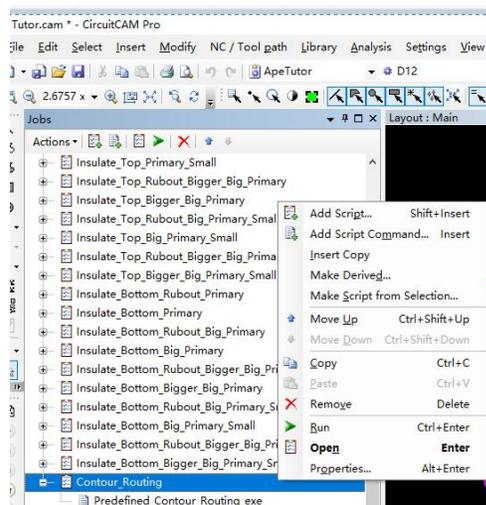


图5-30 “Jobs”对话框

# 4 任务实施

2) 制作顶层/底层数据。

① 插入剥铜区域。选择“Insert”→“Rubout Area”（剥铜区域）选项，如图5-31所示，在其子菜单中可以选择一个层。

② 制作绝缘沟道。在“Jobs”对话框中，如图5-32所示，有多项快速制作绝缘沟道的预案，并且这些预案在“Quick Access”（快速访问）对话框（图5-33）中可以进行选择、重新设定及运行。例如，在“Quick Access”对话框中，选择“Insulate\_Top\_Primary”条目，打开如图5-34所示的“Script”（脚本）对话框，设置完成后，单击“Run”（运行）按钮进行数据处理。同理，重复上述操作进行另一层的数据处理。

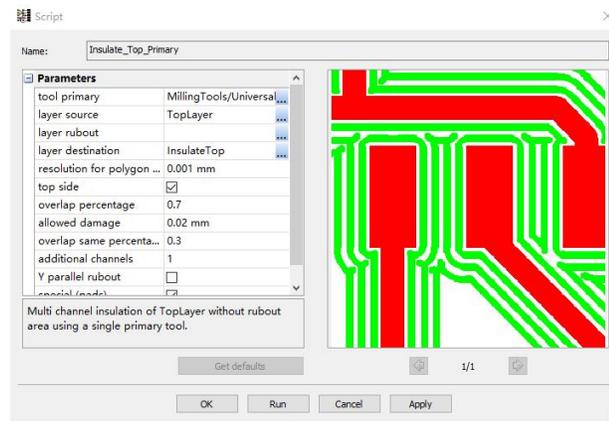
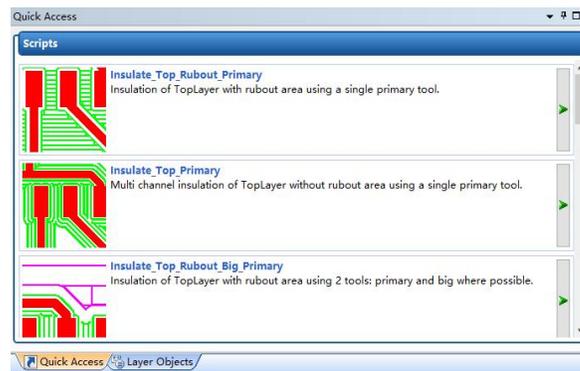
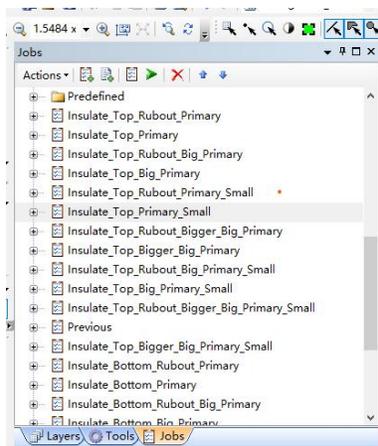
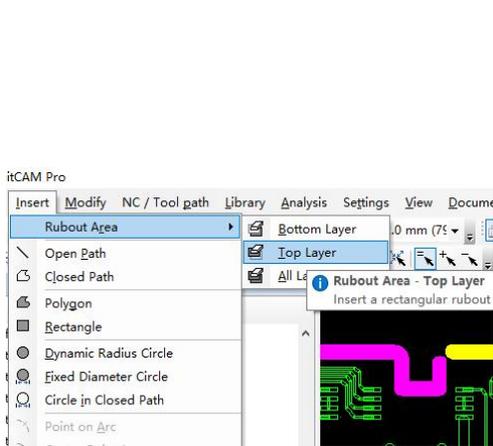


图5-31 插入剥铜区域

图5-32 绝缘沟道制作方案

图5-33 “Quick Access”对话框

图5-34 “Script”对话框

## 4 任务实施

3) 从CAM中导出刻板机驱动数据 (\*.lmd)。选择“File” → “Export” → “LMD” → “LMD\_PCB\_Prototyping”选项，即可导出刻板机驱动数据，如图5-35所示。

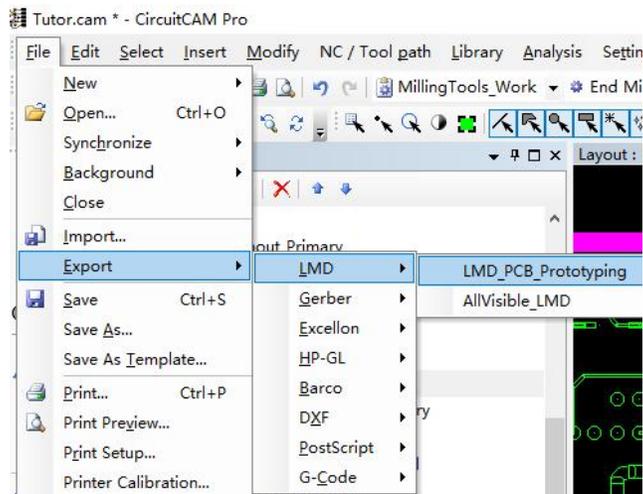


图5-35 从CAM中导出刻板机驱动数据

# 4 任务实施

## 4. 刻板

- 1) 打开Board Master，选择模板，此处选择“default”模板即可，如果是多层或阻焊膜，则选择对应的模板进行刻板，如图5-36所示。
- 2) 将\*.lmd文件导入Board Master中。选择“File” → “Import” → “LMD/LPR”选项，如图5-37所示，在打开的对话框中选择相应的文件导入即可。

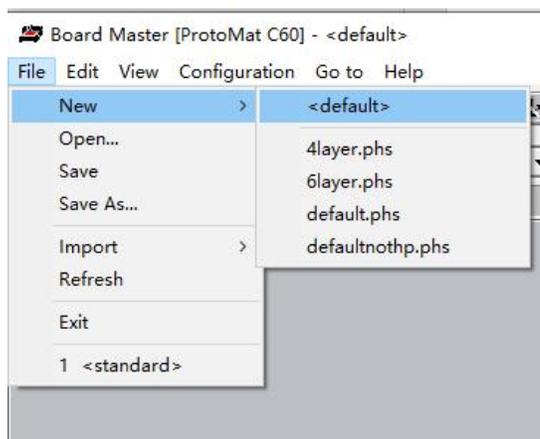


图5-36 选择“default”模板

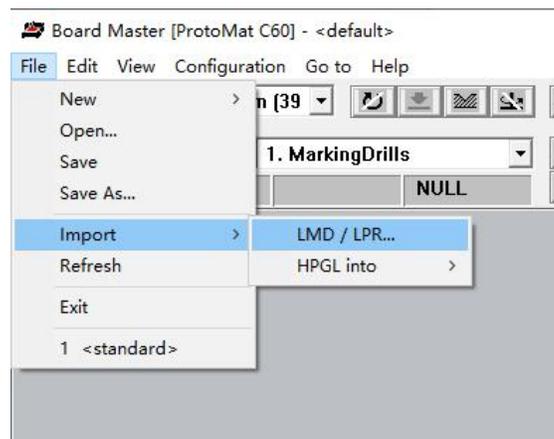


图5-37 导入\*.lmd文件

## 4 任务实施

- 3) 调整好数据与基板的相对位置，将基材固定于机台上后，开始钻导通孔，加工项中选择“2.DrillingPlated”，如图5-38所示。然后单击“All+”按钮，再单击“Start”（开始）按钮。
- 4) 钻完导通孔后取下板子进行孔金属化（电镀或孔金属化），孔化完成后将板子固定在刻板机工作台上（方向同钻孔时的板面朝向）。
- 5) 进行钻非金属化孔，选择“3.DrillingUnplated”进行加工，如图5-39所示。

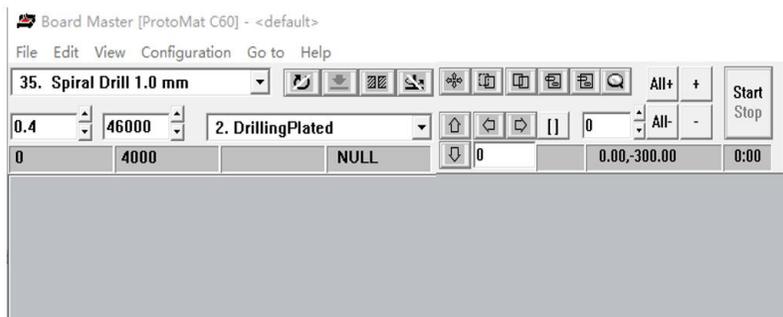


图5-38 选择“2.DrillingPlated”

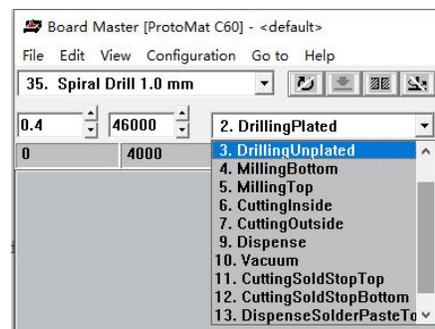


图5-39 钻非金属化孔

## 4 任务实施

6) 刻底面线路，选择“4.MillingBottom”进行加工，如图5-40所示。先选取铣刀，选择“Universal Cutter 0.2 mm”选项，然后在PCB外面（板框外）试刻以调整铣刀深度。深度调好后便开始刻线路。

7) 刻完底面线路后将板材翻面，如图5-41所示，选择“5.MillingTop”。底面朝下，顶面朝上重新固定在机器台面上。选择加工项MillingTop，手动选取铣刀（如图中的Universal Cutter 0.2 mm），然后在PCB外面（板框外）试刻以调整铣刀深度。深度调好后便开始刻线路。

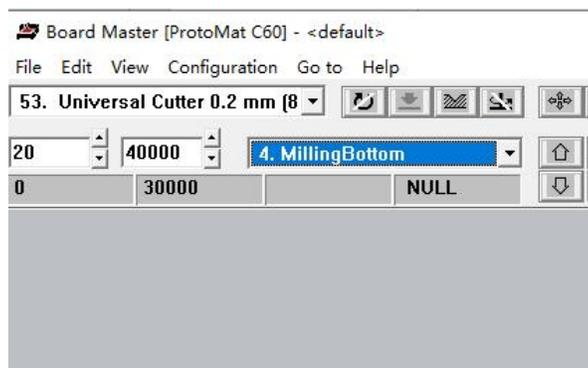


图5-40 选择“4.MillingBottom”

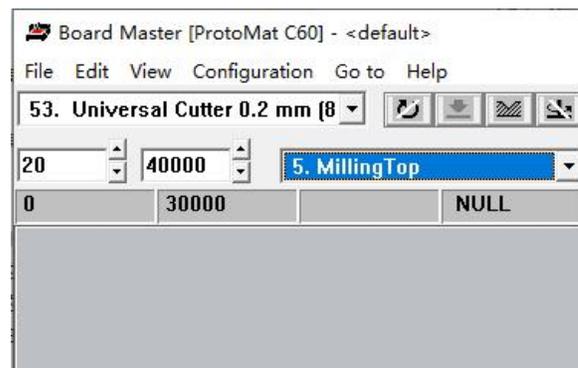


图5-41 选取顶层

## 4 任务实施

- 8) 顶面线路刻完后，刻内槽CuttingInside（图5-42）和CuttingOutside等加工项（图5-43）。
- 9) 若不需要阻焊膜，则从基板上取下电路板，加工完成。

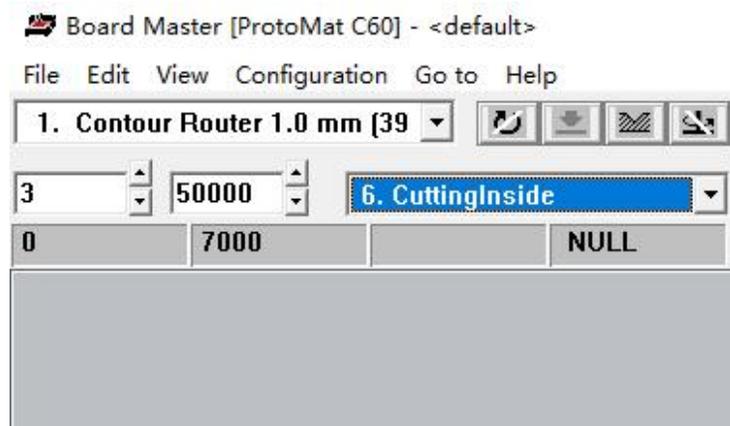


图5-42 刻内槽CuttingInside

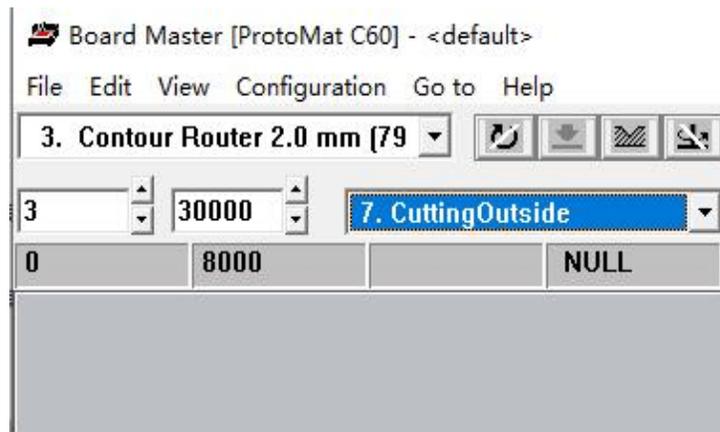


图5-43 刻CuttingOutside



河南职业技术学院  
HENAN POLYTECHNIC

---

**PART**  
**PART**  
**5**

# 解惑启智

---



河南职业技术学院  
HENAN POLYTECHNIC

# PART 5

## 解惑启智

01

CAMtastic的功能

02

Gerber两个重要的组成部分

03

CircuitCAM的功能



河南职业技术学院  
HENAN POLYTECHNIC

---

**PART**  
**PART**  
**6**

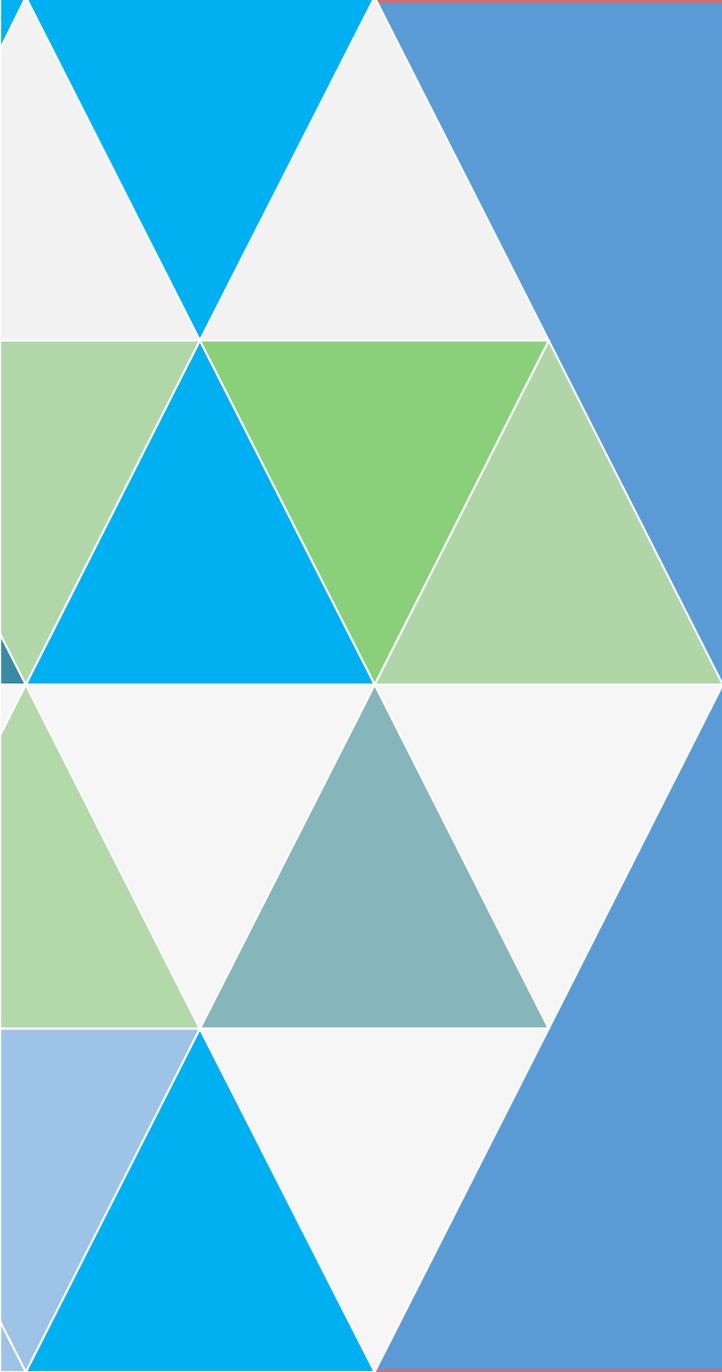
# 思考与练习

---



## 思考与练习

1. Altium Designer中Gerber文件的生成方法是什么？主要注意什么问题？
2. 如何安装CircuitCAM软件？
3. CircuitCAM软件的使用方法是是什么？
4. 将设计文件导入CircuitCAM软件时，有哪些注意事项？
5. 使用雕刻法制作PCB的流程步骤有哪些？



**THANK YOU**