

基于 Altium Designer 17 的 PCB 设计入门 关键技术点探析

杨志凯, 李殿生, 苏文佳

云南技师学院(云南工贸职业技术学院), 云南 昆明 650300

DOI: 10.61369/VDE.2025240001

摘 要 : 印制电路板 (PCB) 作为现代电子系统的核心载体, 承担着元器件支撑与电气互联的双重功能, 其设计质量直接影响电子产品的性能、可靠性与可制造性。Altium Designer 17 (简称 AD17) 作为业界广泛应用的集成化 PCB 设计平台, 具备原理图绘制、PCB 布局布线、仿真验证与生产文件输出等一体化功能, 已成为电子工程技术人员的重要工具。本文立足于职业院校 PCB 设计教学实践, 采用项目驱动式教学法, 系统梳理初学者在使用 AD17 进行 PCB 设计过程中所面临的关键技术环节。文章从电子技术基础认知、软件操作入门、设计流程构建、元件库与封装定制、布局布线优化、后处理验证及制造文件输出等多个维度展开探讨, 结合典型教学案例, 提出一套适用于初学者的“由简入繁、循序渐进”的学习路径, 并针对常见设计误区给出规避策略。研究表明, 掌握 AD17 的设计逻辑与规范流程, 有助于提升设计效率, 增强可制造性与稳定性。本工作可为高职院校电子类专业课程教学改革提供参考, 也为电子爱好者与初级工程师提供系统化的 PCB 设计入门指导。

关 键 词 : Altium Designer 17; 印制电路板 (PCB); 电路设计入门; 元件封装; 设计流程; 制造文件; 教学实践

Analysis of Key Technical Points for Beginners in PCB Design Based on Altium Designer 17

Yang Zhikai, Li Diansheng, Su Wenjia

YUNNAN TECHNICIAN COLLEGE(YUNNAN INDUSTRY&TRADE VOCATIONAL COLLEGE), Kunming,
Yunnan 650300

Abstract : As the core carrier of modern electronic systems, the printed circuit board (PCB) undertakes the dual functions of component support and electrical interconnection. Its design quality directly affects the performance, reliability, and manufacturability of electronic products. Altium Designer 17 (AD17 for short), as an integrated PCB design platform widely used in the industry, has integrated functions such as schematic drawing, PCB layout and routing, simulation verification, and production file output, and has become an important tool for electronic engineering technicians. Based on the teaching practice of PCB design in vocational colleges, this paper adopts the project - driven teaching method to systematically sort out the key technical links faced by beginners in the process of using AD17 for PCB design. The article discusses from multiple dimensions, including basic cognition of electronic technology, software operation entry, design process construction, component library and package customization, layout and routing optimization, post - processing verification, and manufacturing file output. Combined with typical teaching cases, a learning path of "from simple to complex and step - by - step" suitable for beginners is proposed, and strategies to avoid common design mistakes are given. The research shows that mastering the design logic and standard process of AD17 helps to improve design efficiency and enhance manufacturability and stability. This work can provide a reference for the teaching reform of electronic professional courses in higher vocational colleges and offer systematic guidance for PCB design beginners, including electronic enthusiasts and junior engineers.

Keywords : Altium Designer 17; printed circuit board(PCB); circuit design entry; component package; design process; manufacturing file; teaching practice

作者简介

杨志凯 (1999.05—), 技师, 工程师, 主要从事移动机器人与嵌入式系统开发;

李殿生 (1986.11—), 硕士, 高级实习指导教师, 研究方向: 电子技术与 PCB 设计教学;

苏文佳 (1984.09—), 本科, 一级实习指导教师, 主要从事 CAD 机械设计课程教学。

引言

随着信息技术的发展，电子产品向小型化、智能化、高集成度演进，PCB 作为连接各类电子元器件的物理平台，其设计复杂度和技术要求不断提高。无论是消费类设备还是工业控制系统，均依赖高质量的 PCB 设计。Altium Designer 系列软件凭借友好的界面与强大功能，成为全球主流 PCB 设计工具之一。其中，AD17 以其运行稳定、兼容性强、学习曲线平缓等特点，广泛应用于高校教学与中小企业研发，尤其适合作为初学者的入门工具^[1]。

然而，在实际教学中发现，许多学习者虽能快速掌握基本操作，却在完整项目设计中因缺乏系统认知而出现诸多问题：如原理图连接错误、封装不匹配导致贴装失败、布局不合理引发信号干扰等。这些问题根源在于对设计全流程理解不足、忽视制造工艺要求及设计规则应用不到位^[2]。

本文基于第 45 届世界技能大赛电子技术项目标准，结合多年教学经验，以 AD17 为平台，全面解析 PCB 设计的入门关键技术，帮助学习者建立完整知识体系，掌握从原理图到生产文件输出的全过程方法，为其后续深入学习高速、多层板设计奠定基础。

一、PCB 设计基础知识体系构建

（一）设计的前提保障——电子技术基础

PCB 设计不仅是“画图”，更是建立在扎实电子技术基础上的系统工程。若对元器件工作原理、参数特性及典型应用缺乏了解，极易产生逻辑错误或性能缺陷^[3]。例如：

设计三极管放大电路时，若不了解基极偏置电阻作用与耦合电容取值依据，可能导致失真；在电源电路中忽略稳压芯片输入输出特性或滤波电容 ESR 影响，可能引起电压波动甚至器件损坏。

建议初学者掌握以下基础知识：

1. 模拟电子技术。掌握二极管、三极管、运放的基本原理与典型应用；
2. 数字电子技术。理解门电路、触发器、微控制器 IO 接口特性；
3. 元器件识别与选型。熟悉常见电阻、电容、电感、IC、连接器的封装形式、数据手册解读与应用场景；
4. 电路调试能力。具备使用万用表、示波器进行测量与故障排查的能力。

只有具备上述基础，才能在设计中做出合理判断，确保电路功能可行。

（二）设计与生产的桥梁——PCB 制造工艺认知

PCB 设计需兼顾电气功能与可制造性（DFM, Design for Manufacturability）。忽视工艺限制可能导致无法加工或良率低下^[4]。常见制造约束包括：

1. 最小线宽 / 线距。通常为 6mil (0.1524mm)，低于此值需加价或无法生产；
2. 过孔尺寸。通孔直径一般不小于 0.3mm，盲埋孔成本较高；
3. 板厚与层数。单双面板成本低，四层及以上成本显著上升；
4. 板材选择。FR-4 为最常用材料，高频应用可选 Rogers 板材；

5. 表面处理工艺。有喷锡（HASL）、沉金（ENIG）、OSP 等，影响焊接性能与存储周期。

建议初学者在设计初期明确目标厂商的 DFM 指南（如嘉立创、华秋），并在 AD17 中预设相应设计规则，避免后期返工。

二、Altium Designer 17 软件操作解析

（一）集成开发环境概览

AD17 采用项目化管理模式，所有设计文件（原理图、PCB、库等）统一归入 .PrjPcb 工程文件，便于管理。启动后可通过【文件】→【新建】→【项目】创建工程，并添加 .SchDoc 和 .PcbDoc 文件。

主界面包含菜单栏、工具栏、项目面板、工作区与状态栏五大区域。项目面板是文件管理核心，支持拖拽关联；工作区支持多标签页切换，方便原理图与 PCB 交互^[5,6]。

建议初学者“从做中学”，不必一开始就穷尽所有功能，如同使用手机一般，先掌握基本操作，随需深入。

（二）原理图编辑器核心操作

原理图是 PCB 设计起点，其准确性决定后续成败。关键操作包括：

1. 元件放置。通过【库】面板搜索并放置元器件，支持本地或第三方库；
2. 导线连接。使用【Place】→【Wire】进行电气连接，避免“悬空引脚”；
3. 网络标号（Net Label）。用于跨页或远距离连接，提升可读性；
4. 电源端口（Power Port）。统一标注 VCC、GND，减少重复布线；
5. 编译检查。执行【项目】→【Compile PCB Project】，自动检测未连接引脚、重复编号等问题。

建议初学者先使用 AD 自带的 Miscellaneous Devices.IntLib 库完成简单电路（如 LED 驱动、稳压电源），逐步过渡到自建库^[7]。

(三) PCB 编辑器功能解析

PCB 编辑器是实现物理布局与布线的核心模块，主要功能包括：

1. 板形定义。通过【Design】→【Board Shape】设定轮廓，初学推荐使用“新板向导”创建，更为方便；
2. 层管理。支持最多32层，常用为 Top Layer、Bottom Layer、Silkscreen、Solder Mask 等；
3. 元件布局。支持拖动、旋转（空格键）、对齐；
4. 布线方式。推荐初学者以手动布线为主，培养空间规划意识；
5. 设计规则检查（DRC）。实时监控线宽、间距、短路等违规情况。

此部分内容细节较多，需通过实践积累经验。

三、PCB 设计全流程简介

(一) 设计准备——明确目标与资源准备

设计前应明确：

电路功能、输入输出接口；是否有结构尺寸、安装孔限制；预算与量产成本考量；使用元器件清单及采购渠道。

建议创建独立文件夹存放项目文件，命名规范如 20250909_PCB_Amplifier_Circuit，便于归档。

(二) 原理图设计

使用 AD17 原理图编辑器绘制电路图，包括元件符号、引脚连接、电源与信号路径。确保正确性与完整性，为后续 PCB 设计提供依据^[9]。主要步骤如表 1。

表 1 原理图设计主要步骤

主要步骤	技术说明
元器件放置	从默认库（如 Miscellaneous Devices.IntLib）中调用元件，或自行创建原理图符号
属性设置	为每个元件指定唯一标识符（如 R1、C2）、封装型号（Footprint）及参数信息
电气连接	使用导线（Wire）或网络标号（Net Label）完成电气连接，确保无悬空引脚
编译与校验	执行“Project → Compile PCB Project”进行电气规则检查，排除短路、断路等错误

(三) 自定义元件库与封装绘制

1. 原理图符号绘制

(1) 新建 .SchLib 文件。【文件】→【新建】→【库】→【原理图库】；

(2) 绘制符号。使用矩形、管脚、文本等工具，依据数据手册准确绘制；

(3) 设置属性。修改标识符、注释、封装等信息；

(4) 保存并关联项目。确保库文件加入工程，可在原理图中调用。

2. 封装绘制

封装决定元器件在 PCB 上的物理安装。若无现成封装，需手

动绘制：

(1) 新建 .PcbLib 文件。【文件】→【新建】→【库】→【PCB 库】；

(2) 设置网格。快捷键 G 调整间距，Ctrl+Q 切换 mil/mm；

(3) 放置焊盘。使用【Place Pad】，根据 Datasheet 设置形状、大小、位置；

(4) 添加丝印。使用【Place String】标注引脚编号与名称，保持清晰可读；

(5) 保存封装。存入现有库或新建库。

注意：可通过测量实物或查阅 Datasheet 获取精确尺寸。

(四) PCB 布局设计

布局决定元件在 PCB 上的位置与走线路径，影响性能与可靠性。应遵循以下原则，见表 2：

表 2 PCB 布局主要原则

主要原则	技术说明
结构优先	先确定电源接口、连接器等机械定位元件位置
热管理	发热元件（如功率管、稳压器）远离敏感器件，保证散热空间
信号路径	模拟与数字区域分离，高频信号路径尽量短直
均匀分布	避免局部过密或重心偏移，提升装配便利性

初学者建议参照原理图布局，既保证信号流向合理，又便于对照检查^[9]。

(五) 布线设计

布线是实现电气连接的关键环节，应注意以下策略，如表 3：

布线原则	技术说明
走线角度	推荐 135° 斜角或圆弧走线，避免 90° 直角（减少反射，易引起阻抗突变）
线宽设置	电源线 ≥ 地线 > 信号线；大电流路径加粗处理（建议为信号线 2~3 倍）
差分对	保持等长、等距平行布线，实现阻抗匹配
包地处理	对敏感信号（如时钟）实施 GND 包围，增强抗干扰能力，减少串扰
过孔使用	合理分布，避免密集打孔造成层间热应力集中

启用 DRC，设定最小线宽、间距、过孔尺寸等参数，确保设计合规。

四、PCB 设计中部分名词或工艺简介

(一) 覆铜

覆铜即将 PCB 上闲置区域填充铜膜，常见形式有实心、网格、区域边框三种。其意义在于：减小地线阻抗，提高抗干扰能力；降低压降，提升电源效率；与地相连，减小环路面积^[10,11]。

(二) 封装

封装指元器件的外壳与外形，包含引脚数量、间距、焊盘大小、外形尺寸等信息。常见封装举例：

电阻：直插 AXIAL0.3~0.5（单位：英寸）；贴片 0402、0603、0805；

电容：无极性 RAD 系列；电解 RB.1/2、CAPR545；
二极管：DO-35、DO-41、SOD-123（贴片）；
三极管：TO92、SOT23、TO220；
IC：DIP、SOP、QFP、BGA 等。

（三）泪滴（Teardrops）

布线后常在焊盘与导线间添加“泪滴”过渡区，防止机械制板时断开，增强 PCB 机械强度与可靠性。

五、各种文件简介及导出

（一）BOM 表（物料清单）

BOM 表列出设计所需全部元件及其规格，用于采购、生产、成本估算与项目管理。

生成步骤：

原理图界面选择【报告】→【Bill of Materials】→选择需显示字段（如 Comment、Footprint、Quantity）→设置输出格式（CSV、Excel 等）→导出至指定路径。

（二）Gerber 文件

Gerber 是 PCB 制造的标准图像格式，描述各层线路、阻焊、丝印等信息，具有保密性。

导出步骤：

【文件】→【制造输出】→【Gerber Files】→设置单位（英寸）、精度（2:5）→选择输出层（Top/Bottom Layer、Silkscreen、Solder Mask 等）→光圈页保持默认（RS274X 格式自动嵌入）→点击“确定”，生成文件至输出目录。

（三）钻孔文件（NC Drill Files）

包含所有钻孔位置、直径、类型信息，与 Gerber 文件配套提交制造商。

导出步骤：

【文件】→【制造输出】→【NC Drill Files】→设置单位与精度（与 Gerber 一致）→确认钻孔数据完整→点击“确定”生成文件。

（四）网络表（Netlist）

网络表描述元件间的电气连接关系，是原理图转 PCB 的关键桥梁。

导出方法：

【文件】→【导出】→【网络表】→选择格式（Protel、Excel 等）→指定路径并导出。

（五）智能 PDF（Smart PDF）

可将原理图、PCB 图导出为高质量 PDF，便于评审、归档与共享。

操作流程：

【文件】→【智能 PDF】→使用向导选择导出内容（原理图、PCB、BOM 等）→设置文件名与路径→完成导出。

六、结语

PCB 设计是理论与实践深度融合的技术活动。本文以 Altium Designer 17 为平台，系统阐述了从基础知识到生产输出的完整设计流程，强调“理解原理、规范操作、注重工艺”的设计理念。通过合理规划学习路径，掌握关键技巧，初学者可在短期内具备独立完成实用级 PCB 设计的能力。

未来，随着高速、高密度电路发展，信号完整性、电源完整性、EMC 设计将成为进阶重点。但对入门者而言，打好基础、养成良好设计习惯，才是走向专业化的第一步。

参考文献

- [1] 马颖, 蒋雪琴. PCB 设计与制作——Altium Designer 设计应用 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2018.
- [2] 黄智伟. 印制电路板 (PCB) 设计技术与实践 (第 4 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2024.
- [3] IPC-A-610H. Acceptability of Electronic Assemblies[S]. IPC International, 2020.
- [4] GB/T 7714—2015. 信息与文献 参考文献著录规则 [S].
- [5] 王红, 刘志勇. Altium Designer 17 电路设计与仿真从入门到精通 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [6] 陈学义. 印制电路板设计与实训教程 [M]. 第 3 版. 北京: 电子工业出版社, 2021.
- [7] 高惠芳, 徐立峰. 电子线路 CAD 设计实战指南——Altium Designer 应用详解 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2018.
- [8] IPC-7351B. Generic Requirements for Surface Mount Land Pattern Standard[S]. IPC, 2017.
- [9] Altium Limited. Best Practices for PCB Layout Using Altium Designer[Z]. Technical White Paper, 2017.
- [10] 赵阳, 李伟. 现代 PCB 设计中的 DFM 与 DFT 技术研究 [J]. 电子工艺技术, 2023, 44(2): 89 - 94.
- [11] 刘建清. 从零开始学 Altium Designer 电路设计 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2020.