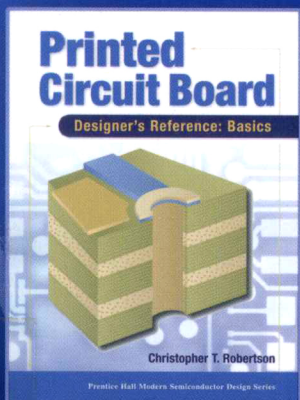


国外电子与通信教材系列

PEARSON

印制电路板 (PCB) 设计基础



Printed Circuit Board
Designer's Reference: Basics

[美] Christopher T. Robertson 著

刘雷波 译

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

国外电子与通信教材系列

印制电路板(PCB)设计基础

Printed Circuit Board Designer's Reference: Basics

[美] Christopher T. Robertson 著

刘雷波 译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍印制电路板设计与制造的基础知识，并且汇总了该领域的一般性标准和工艺。本书提供了日常计算工具、有效的表格、快速参考图及覆盖整个设计过程的完整清单，清楚地解释了数据的来源及使用和调整方式等。读者可以从本书中了解到当今业界使用的关键设计技术，并为学习更先进的技术打下良好的基础。

本书适合PCB设计初学者学习和参考，书中的参考资料和软件对有经验的设计者和相关从业人员也十分有用。

Original edition, entitled Printed Circuit Board Designer's Reference: Basics, 9780130674814 by Christopher T. Robertson, published by Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall PTR, Copyright © 2003 Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Simplified Chinese edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD and PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY, Copyright © 2013.

This edition is manufactured in the People's Republic of China, and is authorized for sale only in the mainland of China exclusively(except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

本书中文简体字翻译版由Pearson Education（培生教育出版集团）授予电子工业出版社。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有Pearson Education（培生教育出版集团）激光防伪标签，无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字：01-2012-6287

图书在版编目（CIP）数据

印制电路板(PCB)设计基础/(美)罗伯特森(Robertson, C. T.)著;刘雷波译. —北京:电子工业出版社, 2013.1

书名原文: Printed Circuit Board Designer's Reference: Basics

国外电子与通信教材系列

ISBN 978-7-121-19044-5

I. ①印… II. ①罗… ②刘… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—高等学校—教材 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第281624号

策划编辑: 谭海平

责任编辑: 李秦华

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订: 北京京师印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 14.25 字数: 342千字

印 次: 2013年1月第1次印刷

定 价: 38.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

序

2001年7月间,电子工业出版社的领导同志邀请各高校十几位通信领域方面的老师,商量引进国外教材问题。与会同志对出版社提出的计划十分赞同,大家认为,这对我国通信事业、特别是对高等院校通信学科的教学工作会很有好处。

教材建设是高校教学建设的主要内容之一。编写、出版一本好的教材,意味着开设了一门好的课程,甚至可能预示着一个崭新学科的诞生。20世纪40年代MIT林肯实验室出版的一套28本雷达丛书,对近代电子学科、特别是对雷达技术的推动作用,就是一个很好的例子。

我国领导部门对教材建设一直非常重视。20世纪80年代,在原教委教材编审委员会的领导下,汇集了高等院校几百位富有教学经验的专家,编写、出版了一大批教材;很多院校还根据学校的特点和需要,陆续编写了大量的讲义和参考书。这些教材对高校的教学工作发挥了极好的作用。近年来,随着教学改革不断深入和科学技术的飞速进步,有的教材内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,特别是在电子学和通信技术发展神速、可以讲是日新月异的今天,如何适应这种情况,更是一个必须认真考虑的问题。解决这个问题,除了依靠高校的老教师和专家撰写新的符合要求的教科书外,引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,是会有好处的。

一年多来,电子工业出版社为此做了很多工作。他们成立了一个“国外电子与通信教材系列”项目组,选派了富有经验的业务骨干负责有关工作,收集了230余种通信教材和参考书的详细资料,调来了100余种原版教材样书,依靠由20余位专家组成的出版委员会,从中精选了40多种,内容丰富,覆盖了电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等方面,既可作为通信专业本科生和研究生的教学用书,也可作为有关专业人员的参考材料。此外,这批教材,有的翻译为中文,还有部分教材直接影印出版,以供教师用英语直接授课。希望这些教材的引进和出版对高校通信教学和教材改革能起一定作用。

在这里,我还要感谢参加工作的各位教授、专家、老师与参加翻译、编辑和出版的同志们。各位专家认真负责、严谨细致、不辞辛劳、不怕琐碎和精益求精的态度,充分体现了中国教育工作者和出版工作者的良好美德。

随着我国经济建设的发展和科学技术的不断进步,对高校教学工作会不断提出新的要求和希望。我想,无论如何,要做好引进国外教材的工作,一定要联系我国的实际。教材和学术专著不同,既要注意科学性、学术性,也要重视可读性,要深入浅出,便于读者自学;引进的教材要适应高校教学改革的需要,针对目前一些教材内容较为陈旧的问题,有目的地引进一些先进的和正在发展中的交叉学科的参考书;要与国内出版的教材相配套,安排好出版英文原版教材和翻译教材的比例。我们努力使这套教材能尽量满足上述要求,希望它们能放在学生们的课桌上,发挥一定的作用。

最后,预祝“国外电子与通信教材系列”项目取得成功,为我国电子与通信教学和通信产业的发展培土施肥。也恳切希望读者能对这些书籍的不足之处、特别是翻译中存在的问题,提出意见和建议,以便再版时更正。



中国工程院院士、清华大学教授

“国外电子与通信教材系列”出版委员会主任

出版说明

进入21世纪以来,我国信息产业在生产和科研方面都大大加快了发展速度,并已成为国民经济发展的支柱产业之一。但是,与世界上其他信息产业发达的国家相比,我国在技术开发、教育培训等方面都还存在着较大的差距。特别是在加入WTO后的今天,我国信息产业面临着国外竞争对手的严峻挑战。

作为我国信息产业的专业科技出版社,我们始终关注着全球电子信息技术的发展方向,始终把引进国外优秀电子与通信信息技术教材和专业书籍放在我们工作的重要位置上。在2000年至2001年间,我社先后从世界著名出版公司引进出版了40余种教材,形成了一套“国外计算机科学教材系列”,在全国高校以及科研部门中受到了欢迎和好评,得到了计算机领域的广大教师与科研工作者的充分肯定。

引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,将有助于我国信息产业培养具有国际竞争能力的技术人才,也将有助于我国国内在电子与通信教学工作中掌握和跟踪国际发展水平。根据国内信息产业的现状、教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的指示精神以及高等院校老师们反映的各种意见,我们决定引进“国外电子与通信教材系列”,并随后开展了大量准备工作。此次引进的国外电子与通信教材均来自国际著名出版商,其中影印教材约占一半。教材内容涉及的学科方向包括电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等,其中既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。我们还将与国外出版商一起,陆续推出一些教材的教学支持资料,为授课教师提供帮助。

此外,“国外电子与通信教材系列”的引进和出版工作得到了教育部高等教育司的大力支持和帮助,其中的部分引进教材已通过“教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导委员会”的审核,并得到教育部高等教育司的批准,纳入了“教育部高等教育司推荐——国外优秀信息科学与技术系列教学用书”。

为作好该系列教材的翻译工作,我们聘请了清华大学、北京大学、北京邮电大学、南京邮电大学、东南大学、西安交通大学、天津大学、西安电子科技大学、电子科技大学、中山大学、哈尔滨工业大学、西南交通大学等著名高校的教授和骨干教师参与教材的翻译和审校工作。许多教授在国内电子与通信专业领域享有较高的声望,具有丰富的教学经验,他们的渊博学识从根本上保证了教材的翻译质量和专业学术方面的严格与准确。我们在此对他们的辛勤工作与贡献表示衷心的感谢。此外,对于编辑的选择,我们达到了专业对口;对于从英文原书中发现的错误,我们通过与作者联络、从网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订;同时,我们对审校、排版、印制质量进行了严格把关。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切关系,努力引进更多的国外优秀教材和教学参考书,为我国电子与通信教材达到世界先进水平而努力。由于我们对国内外电子与通信教育的发展仍存在一些认识上的不足,在选题、翻译、出版等方面的工作中还有许多需要改进的地方,恳请广大师生和读者提出批评及建议。

教材出版委员会

主任	吴佑寿	中国工程院院士、清华大学教授
副主任	林金桐	北京邮电大学校长、教授、博士生导师
	杨千里	总参通信部副部长，中国电子学会会士、副理事长 中国通信学会常务理事、博士生导师
委员	林孝康	清华大学教授、博士生导师、电子工程系副主任、通信与微波研究所所长 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会委员
	徐安士	北京大学教授、博士生导师、电子学系主任
	樊昌信	西安电子科技大学教授、博士生导师 中国通信学会理事、IEEE 会士
	程时昕	东南大学教授、博士生导师
	郁道银	天津大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会委员
	阮秋琦	北京交通大学教授、博士生导师 计算机与信息技术学院院长、信息科学研究所所长 国务院学位委员会学科评议组成员
	张晓林	北京航空航天大学教授、博士生导师、电子信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会副主任委员 中国电子学会常务理事
	郑宝玉	南京邮电大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	朱世华	西安交通大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会副主任委员
	彭启琮	电子科技大学教授、博士生导师、通信与信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会委员
	毛军发	上海交通大学教授、博士生导师、电子信息与电气工程学院副院长 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	赵尔沅	北京邮电大学教授、《中国邮电高校学报（英文版）》编委会主任
	钟允若	原邮电科学研究院副院长、总工程师
	刘彩	中国通信学会副理事长兼秘书长，教授级高工 信息产业部通信科技委副主任
	杜振民	电子工业出版社原副社长
	王志功	东南大学教授、博士生导师、射频与光电集成电路研究所所长 教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会主任委员
	张中兆	哈尔滨工业大学教授、博士生导师、电子与信息技术研究院院长
	范平志	西南交通大学教授、博士生导师、信息科学与技术学院院长

译者序

在我们的生活中，到处都是像手机、MP3、电视机、POS 机这样的电子产品和嵌入式产品，它们正改变和影响着我们的生活。

印制电路板 (Printed Circuit Board, PCB) 几乎会出现在每一种电子产品中。如果在某种设备中有电子零件，那么它们都是镶在大小各异的 PCB 上。应该说，PCB 是电子产品的骨架。因此，PCB 的设计技术在某种程度上是电子产品的核心技术。

本书主要讲述了 PCB 设计的一些基础知识和基本概念，以及在行业中经常使用的规范和技术。读者可以从中了解到当今业界使用的关键设计技术，并为学习更先进的技术打下良好基础。本书内容涵盖了 PCB 设计工具和技术，为读者提供了日常计算工具、表格、快速参考图及贯穿整个设计过程的完全清单，并提供了常用数据的出处、用法和调整说明。

本书的作者 Christopher T. Robertson 是美国 PCB 行业的一位资深工程师，他在 PCB 行业的制造、测试、维护、装配及 PCB 设计软件的测试方面有着多年的经验，本书凝结了作者的实践经验，实用性很强。他还参与制定 PCB 设计的规范和流程，为 PCB 设计工程师授课，并为一本 PCB 商业杂志撰写专栏。Robertson 还是 IPC（互连与封装电子电路协会）理事会的会员。

我们把这本书介绍给国内读者，希望能够对 PCB 设计的初学者有所帮助，有经验的 PCB 设计工程师也会获益匪浅，本书还可供电子及相关专业的学生学习印制电路板设计时参考。

由于时间较紧，加之译者水平有限，书中的疏漏和错误难以避免，请读者和专家批评指正。

前 言

撰写本书的目的,是通过各种参考材料、软件、图表和其他工具,为印制电路板(Printed Circuit Board, PCB)的设计和制造提供指导。

市场上面向初级 PCB 设计者的书目前很少,针对 PCB 制造者也只发布了很有限的一些标准。本书写作过程中的一个困难决定是,我们要公布一些新的没有发表过的信息,这些信息要么相关的研究较少,要么就是其中数据缺乏现成文献资料的支持。历史表明,业界公共的实践和经验完全可以视为是这种尚无正式文献的信息。业内很多 PCB 设计者和领导者认为,不应该提供正式文献没有记载的信息。但是,大多数标准并不是来自于文献,而是来自于经验、常识和讨论。

PCB 设计是以一种不断变化的技术为基础的,这种技术可以进行不断更新和文件编制。本书包含的数据并未得到互连与封装电子电路协会的支持。这些数据是按照设计和制造要求的平均水平所得,也是由成百上千的 PCB 设计者的个人数据抽样得到的。当要求、应用、工艺及个人和公司的标准发生变化时,这些数据也会相应发生变化。

PCB 制造工艺表(参见表 2.1)中的数据也是以全美 PCB 制造商的平均数据为基础的。这些数据可以帮助设计者依据设计的要求来选择制造商,以及根据制造商的能力来进行 PCB 设计。它们是指导设计者根据设计要求和制造能力选择制造商的一套规则。

本书涉及的范围

PCB 设计涉及不计其数的样式、材料、类型及详图,但本书只涵盖 PCB 设计基础部分的内容。本书的进阶版本将涉及弯曲型 PCB/柔软型 PCB、可控电路阻抗、特殊材料等更多主题。本书足以解决 50%~75%的 PCB 设计问题。

PCB 行业总是更关注新工艺和新技术,而忽视了设计的基础。

本书讲述了 PCB 制造的一般过程和常规设计。进行高级 PCB 的设计,要求设计者对 PCB 设计基础知识熟练掌握,而这正是本书的用意所在。

本书的另一个目的在于指出 PCB 行业的不足,以及目前面向初级设计的完整软件的缺乏。很多软件并不支持大多数设计者每天要完成的任务。本书配套的软件可以用来解决这一问题。本书希望引导软件开发商用计算机把解决各种问题的程序汇集在一起,以便节省程序设计的时间,并将这些表格和计算器集成到 PCB 设计软件中。

设计者须知

初级 PCB 设计者需要了解印制电路板和元器件的基础知识，这样才能设计一些简单的印制电路板。此外，掌握计算机辅助设计(CAD)的知识及电子电气的基础知识是必要的。有了这些知识，就可以理解“为什么导线必须这么宽”、“为什么导线之间的安全间距这么宽”等问题。

要掌握 PCB 设计，掌握射频和电磁场的知识也是很重要的。

在美国，很多高速、高频 PCB 的设计师只有高中学历，而很多有大学工程学位的设计者却只能设计简单的 PCB。在美国设计的很多印制电路板都仅仅是简单的低频板，并不需要高学历人才。

PCB 行业的一个问题是设计需求的增长和新的年轻设计者数量的减少。这是由于设计软件和电路板越来越复杂，而设计者待遇却不能提高而造成的。

另一个问题是 PCB 制造行业缺少标准。这造成了设计者之间的分歧和混乱，以及在编制正式文件时的困难。

最后一个是 PCB 软件缺少考虑实际问题，因为软件设计者缺乏对 PCB 需求的了解，所以下日常所需的一些计算常常不能提供：

- 根据电流的要求，立即按层计算出导线的宽度。
- 根据电压的要求，立即按层计算出安全间距。
- 按层计算阻抗。
- 用实际材料值计算焊层并用文档记载。
- 可用材料数据库(从制造商处获得)。

本书的组织方式

本书试图清晰地描述有关数据，包括这些数据的来源，以及怎样对这些数据进行调整。因此，本书具有以下几个特点：

- 方便易用的日常计算工具。
- 易于理解的表格。
- 快速参考图表。
- 始自开发、终于最后，审查整个过程的完整核对清单。
- 定义、说明和用于解释数据和结果的图形。

随着工艺的改进，标准和数据也会随之变化；读者也可用较新的有关数据修改本书内容。本书配套的软件也可以随着工艺的改进而变化，这样就为设计者提供了一个可终身使用的设计工具。

本书约定

本书包含了很多标准和惯例，本节将详述这部分内容。大多数术语在第一次使用时就会

给出定义，或者在本书附录的词汇表中描述。根据是从制造商的角度还是从设计者的角度，术语的名称是不同的，且有些术语是同义的，但在不同的应用场合它们有着不同的含义。

图和表格

本书包含大量图和表格。表格以多栏格式来提供信息，即每一条目占用一行，而数据则占用一列。与表格不同，图通过图片和图形的形式来表现信息。表格和图均按章号和顺序来依次编号。

设计者核对清单

设计者核对清单是对设计过程综合、详细的描述，既能用于各种设计，也可以根据特定的设计应用定制。在保证设计之间的一致性时，这个核对清单提供了经过验证的一种框架。

我们从设计者核对清单中摘录了某些条目，并融入到以下几章中：

- 第 4 章融入了核对清单中原理图输入部分的内容。
- 第 5 章融入了核对清单中设计部分的内容。
- 第 7 章融入了核对清单中输入板检查部分的内容。
- 第 8 章融入了核对清单中组合件绘制的内容。

本书的设计者核对清单旨在为完成 PCB 设计所需的各项检查条目提供指导。

注意和提示

本文中有许多注意和提示的内容。读者应该对这些内容多加留心，因为它们都非常重要。

公制和英制

本书采用英寸^①作为长度单位，但是其后的方括号里有等价的公制长度。需要注意的一点是，很多标准值都是基于英制测量系统的，因此以公制设计的 PCB 板上的数值也许不够精确。

实际上，很多零件、系统及制造商仍然以英制为基础，这很可能引起设计者的混淆。所幸的是，零件制造商和标准似乎也开始向公制转变。我们推荐初级设计者一开始就使用公制。

本书提供的软件

本书配套有面向初学者的文档和程序，包括前面所提到的设计者核对清单和设计者参考资源，需要的读者可自 www.awprofessional.com/title/0130674814 下载^②。

除此之外，还包括了：

- ANSI 和公制格式的边界区。
- 设计细节图。

^① 1 英寸=2.54cm——编者注。

^② 指在美国出版的原英文版——编者注。

- 穿孔尺寸表。
- 制造注意事项示例。
- 多层板层叠示意图。
- ANSI 和公制格式的标题区。
- 其他相关的浏览器和程序。

相关网站

网站 www.PCBDR.com 提供了与本书相关的更多信息和示例。

致谢

感谢以下诸位：

Carol Robertson 审阅和编辑了本书的初稿。

Judy Eigelsbach 审阅和编辑了本书的第二稿。

James Markham 为本书终审和定稿，并提供了大多数附录材料。

感谢 Bernard Goodwin 对作者的信任并出版此书。

设计者核对清单

电路设计者的要求

初始计划

- 1) 汇集设计要求，包括所需要的元件清单、要求的元器件位置及机械位置和要求。
- 2) 确定是否所需要的元器件都能从已有的库中获得，否则需要创建元件清单。
- 3) 选择设计模板。
- 4) 按照子部分的编号来保存文件。
- 5) 输入设计信息。
- 6) 打开或加载需要的库。
- 7) 元器件和导线一起放置。
- 8) 标注所有的电流、电压、高频、噪声和回路。
- 9) 在印制板设计中，对于大多数常用的铜箔导线和安全间距，加入如下注意事项：“若无特殊说明，所有电路应符合电流小于 0.25 A 和耐受电压小于 30 V 的规范”（适用于 6/6，即 0.006 英寸的铜箔导线和 0.006 英寸的安全间距）。
- 10) 放置电源引线表。
- 11) 放置“最近使用”和“未使用的引线/门电路”表。
- 12) 突出显示电源节点并核对每张图表以确保电路网的连通性。
- 13) 根据设计规则检查有无诸如单节点网络、无节点网络、无连接引脚引线、无连接导线等问题。
- 14) 生成材料表清单(BOM)并对照材料表进行核对。

- 15) 增加必需的注意事项。
- 16) 增加图表编号。
- 17) 打印并再次检查原理图。
- 18) 设置或修改位置、格式和字体等。
- 19) 将所有的节点进行归类。
- 20) 生成节点表。
- 21) 将库存档。
- 22) 进行其他的相关检查:
 - 所有芯片的输入终端是否都满足要求。
 - 芯片或元器件是否都有必需的滤波电容。
 - 主电路和支路是否可以清楚地区分。

印制电路板设计清单

(这一部分内容将在第 5 章进行论述)。

确定约束条件

- 1) 确定印制板的尺寸。
- 2) 确定印制板顶层与底层间的布线间距。
- 3) 注意隔断区、隔断槽及不可用区域的尺寸。
- 4) 确定印制板的厚度。
- 5) 确定边缘间隙区。
- 6) 确定所有的隔断区、隔断槽。
- 7) 确定如开关信息这样的装配需求。
- 8) 对包括金属件、接插件、发光管/LED 和开关等元器件的预定义位置进行标注。
- 9) 在阻焊层不需要阻焊的区域放置一个多边形以示标记。
- 10) 禁止布线层放阻焊剂, 并确定走线之间、过孔之间、焊盘之间、元器件之间的间距要求(根据元器件与孔径公差、元器件移动范围或孔径公差)。
- 11) 按照 IPC 或军用的规范确定要求。
- 12) 确定产品的装配形式, 如手工、自动、手工自动结合。
- 13) 确定服务形式:
 - 无服务/故障处理(用于试验板、学习板)。
 - 初级服务(用于 PCB 上比较廉价、容易更换或只需初级服务应用的元器件)。
 - 高级服务(用于 PCB 上比较昂贵、难以更换或需要高级服务应用的元器件)。
 - 确定工艺要求及工艺限制。

开始设计

- 1) 打开新文件或加载相应的模板。
- 2) 对焊盘、过孔或文字样式进行标准化检查。
- 3) 在图中心用 0.040 英寸的线画印制板的边框。
- 4) 在图中心用 0.040 英寸的线画印制板中所有的隔断槽和隔断区。
- 5) 输入设计信息。
- 6) 加载库/存档库。
- 7) 加载节点表。
- 8) 生成材料清单(BOM)并对照材料表进行核对(使材料清单中包括原理图里没有的机械元件)。
- 9) 在预定义的区域放置所需元件。
- 10) 定义相应类别/节点的导线宽度、间隙(安全间距)以及孔间隙。
- 11) 确定其他的设计属性或设计规则。
- 12) 若可行, 分层确定铜箔导线和安全间距参数。
- 13) 设定以下方面的设计工作:
 - 全部的设计规则
 - 阻焊层膨胀(总体的)
 - 粘贴膨胀(总体的)
 - 内层膨胀(总体的)
 - 焊盘膨胀(总体的)
 - 热量分离
 - 热量间隔
- 14) 确定装配的方向(特别是对于自动装配)。
- 15) 确定元器件的方向。
- 16) 按类型确定区域。
- 17) 从以下方面确定多层板的参数:
 - 层数
 - 层的对称性(信号层对信号层等)
 - 层的方向
 - 层的类型(如严格的电源层、数字部分等)
 - 分割平面
- 18) 按照印制板、隔断区和隔断槽的轮廓在所有的平面层边缘间隙上敷铜。

- 19) 在电源层上用文字显示网络节点名称(地, +5 V 等)。
- 20) 计算印制板厚度并确定材料是否可用。尽量使用预先确定或曾使用过的材料。或者在设计完成后保留有价值的未用完材料。
- 21) 增加加工孔。
- 22) 在所有的层或镀层上增加基准点。这样不仅有助于设计完成后的调整也有利于制造时校准。
- 23) 在底边用敷铜标示印制板零件号码。
- 24) 印制板修改(用敷铜或手工标示)。
- 25) 层号(按照层号编号的每层有一个胶印)。
- 26) 装配号(丝网层, 标于上边缘)。
- 27) 装配修改(留出空白区域以便于手工标示)。

初始检查

- 1) 检查电源引脚是否正确地连接零件相应的极性。
- 2) 检查要求接地的孔是否接地。
- 3) 完成布置定位并准备布线。

手工布线

- 1) 首先布置以下类型的节点:
 - 最难布置的节点
 - 最复杂的节点
 - 布线困难的节点优先
 - 强电流的节点(主要布置在外部)
 - 高电压的节点(主要布置在内部)
 - 敏感节点
 - 噪声节点

- 2) 分开模拟和数字部分。
- 3) 布置总线。

自动布线

- 1) 必要时手工布置前面“手工布线”中所讲的项目。
- 2) 确定自动布线的共同属性。
- 3) 确定/选择“常规”、“执行”文件、“布置”文件或“布线图”文件。
- 4) 布线完成后需要做的工作:
 - 手工擦除路径

- 斜接直角拐角
- 运行 DRC/按照设计规则确保间距都满足要求
- 检查环孔尺寸
- 改变路径或零件

附加标识

- 1) 静电放电符号。
- 2) 高压警告。
- 3) 运行 DRC/按照设计规则确保间距都满足要求。
- 4) 将参考标识符重新放置于正确的位置。
- 5) 将参考标识符重新编号。

生成制造/装配图

- 1) 以边界为范围绘制层，或包括边界层。
- 2) 以 X 轴和 Y 轴的尺度来标识印制板的尺寸。
- 3) 定位孔到边缘的尺寸(这是作为胶片导出和钻孔时定位确认所用)。
- 4) 任何割断区的尺寸偏差要小于 ± 0.005 英寸。
- 5) 印制板层面信息包括以下方面：

- 层数
- 层的类型
- 层的厚度
- 层的公差
- 敷铜层的类型
- 每层的铜箔导线之间的最小宽度(仅此种特殊情况)
- 整个印制板的厚度
- 整个印制板的允许公差(惯例为 $\pm 10\%$)

- 6) 钻孔导向图，包括：

- 孔化后的尺寸
- 孔的类型(电镀的或非电镀的)
- 孔径公差(小于 0.080 英寸的孔径公差不得超过 ± 0.003 英寸，大于 0.080 英寸的孔径公差不得超过 ± 0.005 英寸，不同的工艺有不同的要求)
- 符号(与装配图相关联或者由光绘文件导出)

- 7) 导出或者装配注释包括：

- 参照的说明或指导，若无其他注解说明(PC 类质量和 SS/DS 或 ML 类型)
 - 所使用的材料(主要材料)
- 8) 是否每张图都详细说明了敷铜厚度。
 - 9) 最小的铜箔导线宽度和公差(一般 ± 0.003 英寸，最严格 ± 0.001 英寸)。
 - 10) 最小间距和公差(一般 ± 0.003 英寸，最严格 ± 0.001 英寸)。
 - 11) 每种要求的电镀(加厚电镀，过孔加厚电镀，增强 MFGAR)。
 - 12) 孔的电镀最小为 0.0002 mm (通常是外部电镀)。
 - 13) 磨光类型: HASL 或涂锡导线(检查可用性)。
 - 14) 孔至盘的校准(不允许有裂口)。
 - 15) 层层之间的校准(± 0.002 英寸)。
 - 16) 整体测量公差(每英寸 ± 0.002 英寸，整体 ± 0.005 英寸)。
 - 17) 印制板尺寸公差(± 0.005 英寸)。
 - 18) 割断槽公差(± 0.003 英寸到 0.005 英寸)。
 - 19) 倾斜度(若要求)。
 - 20) 电气测试或收到官方测试结果。如果要求 P.O. 或者只作为试验模型。在外加电压 100 V 时，连续每英寸的阻抗小于 5Ω 。
 - 21) 一个或几个如下的制造标识(通常置于底边):
 - 盒代码(通常用于军事合同)
 - 公司标志(当其他部件也需订购时便于识别)
 - 日期代码(便于知道印制板生产日期)
 - 批号代码(便于故障维修)
 - 电气试验认证标志
 - 22) 双绞线扭曲值(差分 0.010 英寸，严格 0.007 英寸)。
 - 23) 抽样检测或对于孔化质量的 X 射线检测(印制板质量好坏最重要的方面之一)。
 - 24) 其他。

文件编制

- 1) 图标/图表编号。
- 2) 加载或增加信息块以说明如下事项(这些信息可以保存在印制板上直至被从镶板上擦除):
 - 公司名称
 - 公司电话
 - 层名

- 层数
- 零件号
- 修正
- 图表编号

应用公司详细信息

- 1) 在第 1 页上增加图表修改块(装配图)。
- 2) 增加图表修改部分(边框信息)。
- 3) 更新如下设计信息:
 - 日期(每次当文件结束、改动或修改时更新)
 - 设计者(设计者姓名)
 - 工程师(电气设计师或原理图的申报人)
 - 校核者(QC、最终版或工程师的姓名)
- 4) 在第 1 页上增加图表修改块(装配图)。

检查计划(不要求)

- 1) 不必检查印制板就打印每层。
- 2) 检查以下内容:
 - 图表层数目
 - 数据
 - 静电放电符号
 - HV 注释
 - 加工
 - 引脚 1 的检查
 - 定位孔的位置
 - 印制板尺寸和间隔
 - 机械支撑
 - 元器件间隔
 - 堆砌厚度

正式批准

- 1) 获得工程师对 PCB 板的批准。
- 2) 按规则实现。
- 3) 再次依据原理图生成节点表。
- 4) 再次运行 DRC(设计导则)并比较节点表清单。