

微电子学中的印制电路

〔英〕J. A. 斯卡利特 著

科学出版社



微电子学中的印制电路

[英] J. A. 斯卡利特 著

陈 晖 陈行健 译

张泽渊 冯昌鑫 校

科

学

出

版

社

19

1978.5.

图书馆藏

内 容 简 介

本书主要内容是介绍如何设计装配集成电路用的印制电路板。其中包括:各种集成电路封装器件的类型;印制电路板的品种、特性和制造工艺;由电路图制成照相底图和照相底版的步骤;照相底图的设计和布线;印制电路板的结构设计;连接器和底座接线印制电路板的设计以及印制电路板的装配和焊接工艺等等。书末还附有许多工艺设备和印制电路板实例的照片。

本书大部分内容为实际经验介绍,切合实用,可供集成电路电子设备的设计人员,印制电路板的设计、绘画和制造人员,以及电子设备的装配、调试、检验人员应用,并可供高等院校各种电子专业教学人员及航空电子仪表制造工业、宇宙通讯及导航系统有关人员参考。

J. A. Scarlett
PRINTED CIRCUIT BOARDS FOR
MICROELECTRONICS
The Marconi Company
Limited, 1970

微电子学中的印制电路

[英] J. A. 斯卡利特 著

陈 晖 陈行健 译

张泽渊 冯昌鑫 校

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1976年2月第1版 开本: 850×1168 1/32

1976年2月第一次印刷 印张: 9 3/4

印数: 0001—21,056 字数: 245,000

统一书号: 15031·114

本社书号: 597·15—7

定价: 1.10 元

译者的话

随着国防工业和科学研究事业突飞猛进的发展,对于电子工业的要求也愈来愈高。由于集成电路具有结构简单可靠、能承受恶劣的环境条件、体积小、功耗小等等特点,因此电子线路集成化已成为不可避免的发展趋势。

随着集成化线路的日趋复杂和工艺水平的不断提高,随时都有新的微电子器件投入使用。在航空工业中,宇宙飞行器及其运载工具的通讯系统、控制系统和计算机系统中,以及各种电子仪表中,都将越来越多地采用集成电路。而由于集成电路的多引线、小尺寸等特点,集成电路用的印制电路板的设计、制造和装配问题也逐步复杂起来,如不加注意,则不但使集成电路的各种优点不能发挥,而且将造成制造中的困难和工作中的不可靠,使电路集成化不能收到应有的效果。

本书主要内容是介绍有关装配集成电路用的印制电路板的设计问题。为了使电子线路及印制电路板设计工作者能正确地选用集成电路封装器件和印制电路板,在本书第一章中扼要介绍了各种标准封装器件的类型和主要结构尺寸;在第二章到第四章中则对各种印制电路板的材料、特性和制造工艺作了概括的介绍。为了使印制电路板设计者保证其设计可与实践相结合,第五章中介绍了用于制造照相底图和照相底版的步骤和要点。

第六、七两章是全书的中心。在第六章中讨论了集成电路封装器件在印制电路板上的布设问题,在第七章中则详细讨论了导线的布设问题,还介绍了用电子计算机来进行布线的设计工作。第八章中讨论了电源、接地分布和组装密度问题。

第九章和第十章介绍了印制电路板的结构尺寸,供结构设计参考。

第十一章着重介绍了用印制电路底座接线板来作为印制电路板与印制电路板之间连接导线的设计原则和结构形式。第十二章则扼要介绍了集成电路用印制电路板的装配技术，特别是对各种焊接方法都作了扼要的介绍。

我们在翻译本书时，除个别地方作了必要的删节外，其它仍按原文译出，希望读者在阅读时注意批判地吸收。

由于译者水平有限，故译文中必然存在许多谬误之处，希望读者批评指正。

原作者序

在电子工业中,经过长期试用,证明印制电路板是可靠的电子部件。然而现在,由于带有 14 根、16 根、甚至更多根引线的微电子器件的发展,迫使技术人员在设计装配这些器件用的印制电路板时,要更加周密地考虑。封装引线的间距小,以及要在有限的面积里布设大量的导线,使印制电路板设计者不得不考虑使用最小尺寸的孔、焊盘和导线,直到接近现代工艺所能达到的最小限度为止。同时,现代集成电路在很高的工作频率下,要保证工作满意,就须使导线尽可能的短,这就是说,必须细心地设计电路,以获得最适宜长度的互连线。

本书是介绍有关装配集成电路用的印制电路板的设计问题。这里主要考虑的是常用的 14 及 16 根引线的封装器件,但其原则亦同样适用于具有 22 根引线的封装器件,甚至扩展到更大的、用于中规模集成电路的封装器件。

本书旨在对提高印制电路板设计和布线质量的所有人员——特别是对那些由于以前的工作,使得他们没有机会学习有关印制电路板设计和制造工艺,而他们所作出的技术决定又对印制电路板设计人员的工作有很大影响的人们——提供一些帮助。本书还希望能够对志愿投身于电子工业的学生们有所裨益,并试图对从理论到设计一个完整工程系统的实践之间所存在的差距起到桥梁作用。关于微电子学器件及其一直到芯片阶段的制造工艺知识是假定已具备,同样,蚀刻及一般工艺制造的原理假定也是熟悉的。

因为我们希望本书适合于电路设计人员、逻辑设计人员、系统工程师、计算数学工作者、制图员、印制电路板布线工作组以及任何其他接触到或对印制电路板设计工作有影响的人员阅读,所以用的词汇力求使所有读者——无论他是在什么专业工作岗位上的

——都易理解。尽最大可能避免应用专门用语，而在无法回避的场合下，则尽可能用通用的或易解的词语来表达。在印制电路板设计中避免了应用数学公式，而只用最简单的算术。

随着在一块印制电路板上要安排更多的封装器件以及随着封装器件引线数目的增加，印制电路板的设计就越来越困难了。线性集成电路通常是不需要很多连接线连接到各封装器件，并且在任何一台设备中应用这种集成电路的数量不是很多。现在看来还是由于不能获得满意的封装，从而限制了数字器件的连接线数目，在计算机、雷达数据处理系统、信息开关设备以及工艺程序控制系统等用途中，每台设备要应用几百或几千个数字器件。所以本书重点是在数字逻辑电路的安装上。然而，同样的基本原理也可应用于设计安装其他各种类型的多引线器件的印制电路板上，只是不要忽视其他特殊要求：例如在应用高频线性放大器时应加以充分的屏蔽等等。

良好的印制电路板设计只有在充分理解所要安装的封装器件的性质和印制电路板的制造工艺之后才可能得到。这一内容安排在前面五章内加以讨论。由于制造方法很多，所以作者力图把目前所用的各种方法给出总的概貌，而不是对任何特定工厂所用的生产工艺作详细的叙述。本书的这一部分，旨在使印制电路板设计人员明了印制电路板的制造典型工艺对设计的限制；它对希望本单位自制印制电路板的技术人员也有帮助。工艺过程的时间和溶液浓度等等就没有介绍，还有一些制造厂用的不同制造工艺，也没有提及。作者在这里还要强调一下书中所给的一个忠告：如果所设计的印制电路板，要保证严格的公差范围，那么应当分别向制造这种印制电路板的各制造厂请教，并且照其所说的去做！由于所用工艺变化很大，以及由此而决定的公差变化亦很大，所以在规定设计的公差范围之前，最好要多向几个制造厂去询问才能定得比较妥当。本书中实际引用的例子都是作者从著书时英国大多数印制电路板专业制造厂所用工艺中总结出来的。

没有介绍印制电路板的制造成本的例子。印制电路板的成本

变化是极大的,它取决于应用的公差,所需要的数量,所需交货期限,要求检验的水平和所规定的电镀表面处理,以及一些较明显的因素,如:孔的尺寸、数量以及印制板的尺寸等等。甚至在所有这些因素都是相同的情况下,一批订货由两家制造厂来分担,两家厂的报价也会不同,而且,在通货膨胀情况下,货币比值经常多变和我们加入欧洲共同市场的可能性,看来好象会改变印制电路板制造的经济情况,从这点可考虑到,如果提及任何实际价格,那么与其说对读者有所裨益,还不如说产生贻误读者的后果。本书后半部分叙述印制电路板的设计,重点是为了适应多引线集成电路封装器件所需的布线技术。在纯粹谈机械设计、冷却、接插件选择,以及印制电路板装配的各节中,是不准备包括各个题目的所有内容,这些题目实际上都是一个独立的专业范围,这里所包括的内容只是为了提供印制电路板设计的背景情况,并提醒设计者注意这些容易被忽略的几点。

为了使本书尽最大可能应用于可用集成电路封装器件来制造的、范围广泛的各種电子设备,作者用了一些相当概括而泛指性的提法(譬如,说“适当的设计”而并没有规定什么是适当的)。在所有这类情况下,如何把作者的这种泛指性的提法结合个人的实际经验或个人所从事的工程设计项目的要求,从而使泛指性的提法得以具体化——关于这项工作,作者留给读者自己去做。如果对于我的提法不加以必要的限制,也可以发挥为:“适用于设计所考虑的任何可能的用途”——我感到这还是不说为佳!对于这一工业的学生和新入门者,他们没有经验可凭借,读了本书的其他部分将能帮助他们鉴别在给定的一整套条件下什么是“适当”。

印制电路板工业的一个权威人士曾经预言:在今后五年之内,用于复杂设备中的印制电路板成本将从目前占整机成本的5%—8%提高到约40%左右。增加的原因,一部分是由于集成电路市场扩展使价格跌落所引起的(它使整机成本下降,从而使印制电路板成本所占比例增大),所增加的其余部分则是由于采用了复杂的印制电路板。

关于印制电路板的成本上升的这种预言，有助于强调提高印制电路板设计效率的重要性。只有在设计印制电路的同时，就充分考虑到印制电路板的布设方面的问题，才有可能设计出好的印制电路板来。印制电路板的设计可以说从整个系统的设计师初次考虑一台新设备的机械结构时就已经开始了。

一台机器早期决定的电路设计或逻辑设计，都对印制电路板的设计有影响，如果要求制造的设备是真正效率高的，有一点是非常重要的，就是系统设计者应当充分懂得印制电路板设计的原理和限制。在机器进到以“板为单位的电路”划分时，以及在电路送交印制电路板设计者时，要作出许多使印制电路板容易布设的决定。

许多系统、电路及逻辑的设计人员，对于印制电路板布线和封装器件配置缺乏实践经验，因为这些工作常常是留给绘图室或布线组去做的，这两个单位对电气或逻辑都不内行。在过去，这是没有关系的，因为印制电路板的布线并不是机器设计中的一个关键部分，然而现在情况已经不同了，在现代集成电路的高速度工作条件下，印制电路板的电气特性就成为关键了。还有，现代数字设备中应用了巨大数量的集成电路，如果要求互连长度尽可能短，就使得印制电路板的有效利用的重要性日益增加。

随着设计工作自动化的更广泛应用，计算机汇编程序工作者和计算数学工作者在保证设计的经济性方面参加了工作。他们如果对 ‘What’s his-name’s Algorithm’ 进行了全面了解，而对 Algol, Cobol, Fortran 及其他计算机语言有详细的知识，这些就将是他们工作中的宝藏，如果他们还充分理解封装器件放置和布线的所有限制，那么他们就可以汇编出良好的印制电路板布线程序。

象大多数工程师一样，我也有我所喜欢的和不喜欢的，主要是由于长期在某一特定的工作岗位上工作所形成的。我希望能通过提供一个清楚的概貌使读者能自己抑制我所表示出的偏见，而使他们根据各自的具体环境条件对应选用何种封装器件以及何种布线最为适合能够有公正的意见。

除一些表之外，本书所有重要尺寸都是同时引用英吋以及米制作为单位的。大多数情况下米制是从原来的吋换算出的。在讨论公差时，完全米制的设计可能数字略有差异。在许多情况下，用米制单位的三位有效数字显然是无意义的——不需要这样严格的限制——然而这里所引用的米制和英吋各自加起来结果是一样的。在有些情况下，例图中所用的是米制近似尺寸、或者二者兼用，它们虽不完全相等，然而在换算时圆整成适当数字了，现在采用米制的工程师越来越多，我希望这些非关键的尺寸不至于对读者有所妨碍。

目 录

第一章 微电子封装器件	1
概 述	1
非集成电路元件的封装	1
三种主要的封装器件型式	2
TO 70 型圆帽式封装器件: 制造; 引线间距; JEDEC 型编号; 优点 和缺点; 安装	3
扁平式封装器件: 制造; 引线尺寸和间距; 安装; 优点和缺点; 定位; 扁平式封装器件的高密度组装	8
双列直插式封装器件: 引线尺寸和间距; 制造; 双列直插式封装器件 的安装和更换; 双列直插式封装器件的优点	13
三种主要的封装型式比较	17
无引线倒置式封装器件	18
第二章 印制电路板	19
概 述	19
功用	19
印制电路板的优点	19
早期印制电路	20
挠性印制电路	21
厚膜电路	21
常用的印制电路板型式	22
印制电路板两面和多层之间的电气连接; 金属化孔的直径; 镀层厚度	22
基底材料	24
NEMA 规格	25
非环氧玻璃布层压板基底材料	26
粘合强度	26
专业厂的印制电路板制造	26
第三章 印制电路板的特性	28
概 述	28
基本特性: 颜色; 电阻和载流容量; 电感和电容; 特征阻抗	29

串扰和振荡作用	38
典型的印制电路板设计规则	40
参考文献	41
第四章 印制电路板的制造	42
I 普通印制电路板	42
单面印制电路板: 丝网漏印法; 光化学法; 中间检查; 蚀刻; 印制插头 的电镀; 印制电路板的表面处理和滚锡; 钻孔和冲孔; 修边; 装定位 销	42
双面印制电路板	47
冲制照相底版定位孔: 照相底版的标志; 印制电路板的编号	47
符号	49
防焊剂	49
II 金属化孔印制电路板	50
概述	50
钻孔	51
钻模	51
孔金属化	52
电镀锡-铅合金	53
图形电镀法	54
蚀刻	56
导线宽度的控制	56
工艺过程的控制和检查	57
III 多层印制电路板	58
概述	58
多层印制电路板的制造: 定向标志; 内层具有金属化孔的多层印制 电路板	58
制造中可能出现的问题	60
多层印制电路板的种类	61
电源面和接地面	61
材料的位移	62
检验	64
公差	64
多层印制电路板的成本	65
IV 制造金属化孔印制电路板和多层印制电路板的其他方法	66
齐平印制电路板	66

非覆箔式层压板的电镀	66
含催化剂的印制电路板	67
加层式多层印制电路板	68
V 印制电路板制造中的公差	68
第五章 照相底图	71
透明底版的生产	71
概述	71
缩小	72
照相软片的稳定性	73
分步重复工艺	74
刻图	74
胶粘焊盘和胶粘带的使用	75
布图用的网格线	78
预画草图	79
网格尺寸	80
定向	80
负象的照相底图	81
大金属面积	81
布设平行导线	81
曲线和弯曲部分	82
对位误差	82
三层照相底图	83
接触印相的应用	84
双色照相底图	84
应用钻模样板来保证同心度	85
焊盘底版	86
焊盘底版的分步重复法生产	87
印制元件图形和抗焊剂用的照相底图	89
照相底版的自动生产	89
照相底图的公差	90
第六章 印制电路板的布设	93
概 述	93
封装器件的装配	93
TO 70 型: 冲星形孔; 引线弯曲装配法; 最小装配中心距	93
扁平式封装器件: 穿过印制电路板的安装法; 封装器件在金属化孔	

印制电路板表面上的装配连接	97
双列直插式封装器件: 最小装配中心距; 焊盘和孔的尺寸	100
孔和焊盘的定位公差	104
导线宽度	105
孔和焊盘的制造公差	108
中继孔尺寸	111
0.025 吋网格的应用	111
封装器件的划分	111
取向	112
封装器件的间距	113
印制电路板的插入和拔出机构	114
标准的照相底图	114
通用印制电路板	115
封装器件的布置	115
第七章 导线布设	118
I 总则	118
概述	118
直接布设	119
“簇”形布线	120
中继孔的应用	122
X-Y 座标布线: 预先定位的中继孔	122
双列直插式封装器件的布线实例	124
扁平式封装器件的布线	127
绘图的取向	128
在网格线上布设导线的优点	128
II 布线设计	131
在纸上设计布线的优点	131
用套色法布设草图	132
多层印制电路板的布线设计: 设计导线的次序	133
设计 X-Y 座标布线: 双列直插式封装器件和扁平式封装器件之间 的布线差别; 布设插件插头引出的长导线; 布设比较大的“簇”形导 线; 布设一般的导线; 移动已布设的导线; 弯头的正确应用; X-Y 座标布线的整理, 封装器件的重新排列	134
粘贴照相底图	144
检查照相底图	144

III 自动化布线	144
概述	144
方形符号: 所用符号	145
输入数据: 多输入器件	149
编译成座标点	152
特别短的导线	153
导线布设	154
复杂的布线	154
计算机协助设计印制电路板的经济性	155
第八章 电源分布和组装密度	156
I 电源分布	156
概述	156
多层印制电路板的电源和接地面: 使用内层电源和接地面的条件	156
双面印制电路板上的电源分布系统: TO 70 型圆帽式封装器件; 双 列直插式封装器件; 扁平式封装器件; 在 0.100 吋网格印制电路 板上的双列直插式封装器件; 0.050 吋网格版上的双列直插式封装 器件	157
电源分布系统的效率	165
II 组装密度	166
紧密组装的经济性	166
组装密度的理论限制	167
实际组装密度: TO 70 型圆帽式封装器件; 双列直插式封装器件; 余位; 扁平式封装器件	169
多层印制电路板	172
紧密组装的实例	173
非临界组装	175
印制电路板连接器的影响	176
印制电路板插拔工具的影响	177
摘要	177
第九章 印制电路板的尺寸	178
附属印制电路板	178
主板的尺寸	179
机械性问题: 强度; 振动和翘曲; 散热	179
制造限制	184
每块印制电路板上集成电路的数量: 逻辑输出端数; 备用印制电路	

板; 其他逻辑因素	184
机器的自然划分	186
诊断故障	186
减少相互连接	186
测试考虑	187
摘要	188
第十章 印制电路板的导向槽和连接器	190
导向槽	190
印制电路板导向槽的作用	190
印制电路板导向槽的种类	191
印制电路板的连接器	193
印制插头-插座式连接器: 间距; 触点类型; 插座的模压; 极性; 插座连接	193
插针-插座式连接器	198
接触压力和插入压力	199
松紧式连接器	200
永久性连接	201
正确选择连接器的重要性	202
第十一章 印制电路的底座接线	203
概述	203
分立导线的更换	204
系统设计	204
按 X-Y 座标进行底座接线	205
单排式机器	206
标准化布线	207
双重引线连接	209
相同的印制电路板用于不同的功能	211
粗引线之间的导线布设	212
重复图形	212
排列接线表和配置功能块	214
修改设计	215
多层接线板的代用方案	216
分立导线	216
正面接线	217

重叠层	217
底座接线板的自动化设计	218
印制底座接线板的重要性	219
检查底座接线	219
检查的重要性	220
第十二章 印制电路板的装配	221
焊接性：焊料中的金	221
装配	222
装空心铆钉和标柱形插头：其他机械性项目	222
插入元件：TO 70 型圆帽式封装器件；双列直插式封装器件	223
焊接：引线需要弯曲的情况；波峰焊接连接点的质量；波峰焊接的常见缺陷	226
再流焊接：助焊剂	230
熔焊	231
可焊性	231
封装器件的拆卸	232
参考读物	233
附录 照相底图实例	234