

高等院校应用型人才培养规划教材

集成电路芯片封装技术 (第2版)

李可为 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

TN405
2013.2

阅 览

高等院校应用型人才培养规划教材

集成电路芯片封装技术

(第2版)

李可为 编著



电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是一本通用的集成电路芯片封装技术教材。全书共 13 章, 内容包括集成电路芯片封装概述、封装工艺流程、厚/薄膜技术、焊接材料、印制电路板、元件与电路板的接合、封胶材料与技术、陶瓷封装、塑料封装、气密性封装、封装可靠性工程、封装过程中的缺陷分析和先进封装技术。本书在体系上力求合理、完整, 在内容上力求接近封装行业的实际生产技术。通过阅读本书, 读者能较容易地认识封装行业, 理解封装技术和工艺流程, 了解先进的封装技术。

本书可作为高校相关专业教学用书及微电子封装企业职工的培训教材, 也可供工程技术人员参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

集成电路芯片封装技术 / 李可为编著. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2013.7

高等院校应用型人才培养规划教材

ISBN 978-7-121-20649-8

I. ①集… II. ①李… III. ①集成电路—芯片—封装工艺—高等学校—教材 IV. ①TN405

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 122902 号

策划编辑: 吕 迈

责任编辑: 张 京

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: 787×1 092 1/16 印张: 15.75 字数: 403.2 千字

印 次: 2013 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 33.00 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 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

《集成电路芯片封装技术(第2版)》教材编委会名单

主任委员：李可为

副主任委员：杨邦朝

委 员：

陈世云 郭 杰 敬代和 简元金 霍 平

何 茗 贺文佳 李若英 李雪松 李棱华

林训超 龙海燕 吕 强 瞿仁兴 汪 建

伍 健 巫友富 向 旺 徐国强 杨新明

周玉康 吕国皎

序

集成电路封装的目的，在于保护芯片不受或少受外界环境的影响，并为之提供一个发挥集成电路芯片功能的良好工作环境，以使之稳定、可靠、正常地完成电路功能。但是，集成电路芯片封装只能限制而不能提高芯片的功能。

半导体微电子产业高速发展，在全球已逐渐形成微电子设计、微电子制造（包括代工）和微电子封装与测试三大产业群。其中微电子封装与测试产业群与前二者相比属于高技术劳动密集型产业，每年需要大批高、中级技术人才。我国微电子封装业在集成电路产业中占有十分重要的地位，在长三角、珠三角、京津和成都地区形成了不同规模的微电子封装与测试产业群，2005年销售收入已达345亿元，占国内集成电路产业的“半壁河山”。这些封装企业每年都需要大量熟悉封装技术的高、中级技术操作人员，但是国内相关大学、高等专科学校及高等职业技术学院尚未能跟上产业发展设置相关专业、培养人才，或缺乏相关的专业教材。

在这种情况下，《集成电路芯片封装技术》一书的编辑和出版，填补了学校用书、企业用书的空白，这将对我国微电子封装产业的发展起到积极的作用。该书是目前国内第一本较系统、全面介绍集成电路芯片封装工艺的专著，它紧密结合了封装工艺，内容全面、系统、实用性强，既可作为高校相关专业的教材及微电子封装企业职工的培训用书，也可供从事微电子芯片设计制造，特别是封装与测试方面的工程技术人员使用。

电子科技大学

微电子与固体电子学院

杨邦朝

2006年12月18日于成都

前 言

早在 2003 年, 编者在筹建微电子技术专业时就萌发了编写专业系列教材的想法, 至 2007 年, 《集成电路芯片封装技术》与读者见面了。经过近五年的使用, 教材得到许多院校的认可, 一些教师还提出了很好的建议。本次修订就是为了满足读者需要、适应封装技术发展而组织的。

从 2000 年至 2010 年以来的十年间, 我国集成电路产业处于高速成长期, 呈现三大特点: 一是生产规模不断扩大, 2006 年前五年集成电路产量和销售收入年均增长速度超过 30%, 是同期全球最高的; 二是技术水平提高快, 芯片制造技术特征尺寸从 0.13 μm 提高到 90nm 以上; 三是国有企业、民营企业、外资企业中的 IC 企业竞相发展, 产业集中度不断提高, 构成了长三角地区、环渤海地区、珠江三角地区和西部地区的四大板块格局。据 2012 年中国半导体学会报告的统计数据: 在我国集成电路设计、芯片制造和封装测试三大产业中, 封装测试业的规模仍保持领先, 占整个产业的 41.25%。2011 年国内集成电路产业延续 2010 年的强劲增长态势, 国内封装测试企业技术创新能力再上台阶。

在电子产品不断朝着微型、轻便、多功能、高集成和高可靠方向发展的推动下, 集成电路封装技术也向无引脚、细节距 (Fine Pitch)、多芯片 (MCM/MCP)、3D、芯片级 (CSP)、系统级封装 (SiP)、圆片级封装 (WLP) 及硅通孔技术 (TSV) 方向发展。BGA、倒装焊 (Flip Chip)、圆片凸点 (Bumping)、SiP、WLP 及各种 CSP 技术在国内市场的需求逐年递增。在这一背景下, 我国对集成电路专业人才需求保持增加态势, 修订《集成电路芯片封装技术》这本教材, 目的是让学生了解集成电路芯片封装技术的基本原理, 熟知工艺流程并掌握主要的工艺技术, 了解先进封装技术的现状和发展趋势。本教材的编写参考了国内、国外多部相关教材和资料, 在体系上力求合理完整, 并由浅入深地阐述封装技术的方方面面; 在内容上力求接近封装行业的实际生产技术, 具有高等学校教学用书的特点。

编者特别感谢英特尔产品 (成都) 有限公司在本书编写过程中给予的支持。编者衷心感谢我的前辈、国内知名封装测试技术专家、电子科技大学杨邦朝教授, 不仅审阅了全部书稿, 还为教材作了序。

编者还要感谢学校集成电路制造工程研究所和微电子教研室全体教师, 以及参编者向旺、何茗、杨新民老师所给予的帮助; 《集成电路芯片封装技术 (第 2 版)》教材编委会全体委员提出的很好的建议; 微电子技术专业的学生刘剑等为书稿整理所投入的工作。本次修订, 微电子教研室吕国皎博士对第 2 章、第 3 章做了较大篇幅的改写, 对第 6 章、第 12 章做了部分修订, 在此一并表示感谢!

由于编者水平所限, 时间仓促, 书中的错误、疏漏和不完整性在所难免, 敬请各位读者不吝指正。

成都工业学院 (教授)

李可为

2013 年 4 月于成都

目 录

第 1 章 集成电路芯片封装概述	1
1.1 芯片封装技术	1
1.1.1 概念	1
1.1.2 芯片封装的技术领域	2
1.1.3 芯片封装所实现的功能	2
1.2 封装技术	4
1.2.1 封装工程的技术层次	4
1.2.2 封装的分类	4
1.2.3 封装技术与封装材料	7
1.3 微电子封装技术的历史和发展趋势	8
1.3.1 历史	8
1.3.2 发展趋势	11
1.3.3 国内封装业的发展	14
复习与思考题 1	18
第 2 章 封装工艺流程	19
2.1 概述	19
2.2 芯片的减薄与切割	20
2.2.1 芯片减薄	20
2.2.2 芯片切割	21
2.3 芯片贴装	23
2.3.1 共晶粘贴法	23
2.3.2 焊接粘贴法	24
2.3.3 导电胶粘贴法	24
2.3.4 玻璃胶粘贴法	25
2.4 2 芯片互连	25
2.4.1 打线键合技术	26
2.4.2 载带自动键合技术	30
2.4.3 倒装芯片键合技术	38
2.5 成型技术	45
2.6 去飞边毛刺	46
2.7 上焊锡	47
2.8 切筋成型	47
2.9 打码	48

2.10 元器件的装配	48
复习与思考题 2	49
第 3 章 厚/薄膜技术	50
3.1 厚膜技术	50
3.1.1 厚膜工艺流程	52
3.1.2 厚膜物质组成	54
3.2 厚膜材料	55
3.2.1 厚膜导体材料	55
3.2.2 厚膜电阻材料	57
3.2.3 厚膜介质材料	58
3.2.4 釉面材料	58
3.3 薄膜技术	59
3.4 薄膜材料	63
3.5 厚膜与薄膜的比较	64
复习与思考题 3	65
第 4 章 焊接材料	66
4.1 概述	66
4.2 焊料	66
4.3 锡膏	69
4.4 助焊剂	71
4.5 焊接表面的前处理	72
4.6 无铅焊料	73
4.6.1 世界立法的现状	74
4.6.2 技术和方法	76
4.6.3 无铅焊料和含铅焊料	78
4.6.4 焊料合金的选择	78
4.6.5 无铅焊料的选择和推荐	78
复习与思考题 4	80
第 5 章 印制电路板	81
5.1 印制电路板简介	81
5.2 硬式印制电路板	82
5.2.1 印制电路板的绝缘体材料	82
5.2.2 印制电路板的导体材料	83
5.2.3 硬式印制电路板的制作	84
5.3 软式印制电路板	87
5.4 PCB 多层互连基板的制作技术	88
5.4.1 多层 PCB 基板制作的一般工艺流程	89
5.4.2 多层 PCB 基板多层布线的基本原则	89

5.4.3	PCB 基板制作的新技术	90
5.4.4	PCB 基板面临的问题及解决办法	93
5.5	其他种类电路板	93
5.5.1	金属夹层电路板	93
5.5.2	射出成型电路板	94
5.5.3	焊锡掩膜	94
5.6	印制电路板的检测	95
	复习与思考题 5	95
第 6 章	元器件与电路板的接合	96
6.1	元器件与电路板的接合方式	96
6.2	通孔插装技术	97
6.2.1	弹簧固定式的引脚接合	97
6.2.2	引脚的焊接接合	98
6.3	表面贴装技术	101
6.3.1	SMT 组装方式与组装工艺流程	101
6.3.2	表面组装中的锡膏及黏着剂涂覆	104
6.3.3	表面组装中的贴片技术	108
6.3.4	表面组装中的焊接	111
6.3.5	气相再流焊与其他焊接技术	112
6.4	引脚架材料与工艺	115
6.5	连接完成后的清洁	117
6.5.1	污染的来源与种类	117
6.5.2	清洁方法与材料	117
	复习与思考题 6	118
第 7 章	密封胶材料与技术	119
7.1	顺形涂封	119
7.2	涂封的材料	120
7.3	密封胶	121
	复习与思考题 7	124
第 8 章	陶瓷封装	125
8.1	陶瓷封装简介	125
8.2	氧化铝陶瓷封装的材料	126
8.3	陶瓷封装工艺	128
8.4	其他陶瓷封装材料	130
	复习与思考题 8	133
第 9 章	塑料封装	134
9.1	塑料封装的材料	135
9.2	塑料封装的工艺	137

9.3 塑料封装的可靠性试验	139
复习与思考题 9	139
第 10 章 气密性封装	140
10.1 气密性封装的必要性	140
10.2 金属气密性封装	141
10.3 陶瓷气密性封装	142
10.4 玻璃气密性封装	142
复习与思考题 10	144
第 11 章 封装可靠性工程	145
11.1 概述	145
11.2 可靠性测试项目	146
11.3 T/C 测试	146
11.4 T/S 测试	148
11.5 HTS 测试	148
11.6 TH 测试	150
11.7 PC 测试	150
11.8 Precon 测试	151
复习与思考题 11	152
第 12 章 封装过程中的缺陷分析	153
12.1 金线偏移	153
12.2 芯片开裂	154
12.3 界面开裂	154
12.4 基板裂纹	155
12.5 孔洞	156
12.6 芯片封装再流焊中的问题	156
12.6.1 再流焊的工艺特点	156
12.6.2 翘曲	160
12.6.3 锡珠	161
12.6.4 墓碑现象	163
12.6.5 空洞	164
12.6.6 其他缺陷	166
12.7 EMC 封装成型常见缺陷及其对策	169
复习与思考题 12	173
第 13 章 先进封装技术	174
13.1 BGA 技术	174
13.1.1 子定义及特点	174
13.1.2 BGA 的类型	175
13.1.3 BGA 的制作及安装	178

13.1.4	BGA 检测技术与质量控制	180
13.1.5	基板	183
13.1.6	BGA 的封装设计	184
13.1.7	BGA 的生产、应用及典型实例	184
13.2	CSP 技术	185
13.2.1	产生的背景	185
13.2.2	定义和特点	186
13.2.3	CSP 的结构和分类	188
13.2.4	CSP 的应用现状与展望	191
13.3	倒装芯片技术	193
13.3.1	简介	193
13.3.2	倒装片的工艺和分类	194
13.3.3	倒装芯片的凸点技术	196
13.3.4	FC 在国内的现状	197
13.4	WLP 技术	198
13.4.1	简介	198
13.4.2	WLP 的两个基本工艺	199
13.4.3	晶圆级封装的可靠性	200
13.4.4	优点和局限性	201
13.4.5	WLP 的前景	202
13.5	MCM 封装与三维封装技术	203
13.5.1	简介	203
13.5.2	MCM 封装	203
13.5.3	MCM 封装的分类	204
13.5.4	三维 (3D) 封装技术的垂直互连	206
13.5.5	三维 (3D) 封装技术的优点和局限性	210
13.5.6	三维 (3D) 封装技术的前景	212
	复习与思考题 13	213
附录 A 封装设备简介		214
A.1	前段操作	214
A.1.1	贴膜	214
A.1.2	晶圆背面研磨	215
A.1.3	烘烤	215
A.1.4	上片	215
A.1.5	去膜	216
A.1.6	切割	216
A.1.7	切割后检查	217
A.1.8	芯片贴装	217
A.1.9	打线键合	217

A.1.10	打线后检查	218
A.2	后段操作	218
A.2.1	塑封	218
A.2.2	塑封后固化	219
A.2.3	打印(打码)	219
A.2.4	切筋	219
A.2.5	电镀	220
A.2.6	电镀后检查	220
A.2.7	电镀后烘烤	220
A.2.8	切筋成型	221
A.2.9	终测	221
A.2.10	引脚检查	221
A.2.11	包装出货	221
附录 B	英文缩略语	222
附录 C	度量衡	226
C.1	国际制(SI)基本单位	226
C.2	国际制(SI)词冠	226
C.3	常用物理量及单位	226
C.4	常用公式度量衡	228
C.5	英美制及与公制换算	228
C.6	常用部分计量单位及其换算	230
附录 D	化学元素表	231
附录 E	常见封装形式	234
参考文献		239

第 1 章 集成电路芯片封装概述

1.1 芯片封装技术

“封装”一词伴随着集成电路芯片制造技术的产生而出现，这一概念用于电子工程的历史并不久。早在真空电子管时代，将电子管等器件安装在管座上构成电路设备的方法称为“组装或装配”，当时还没有“封装”的概念。

60 多年前，晶体管的问世和后来集成电路芯片的出现，改写了电子工程的历史。一方面，这些半导体元器件细小易碎；另一方面，性能高，且多功能、多规格。为了充分发挥半导体元器件的功能，需要对其补强、密封和扩大，以便实现与外电路可靠的电气连接并得到有效的机械、绝缘等方面的保护，防止外力或环境因素导致的破坏。“封装”的概念正是在此基础上出现的。

1.1.1 概念

集成电路芯片封装 (Packaging, PKG) 是指利用膜技术及微细加工技术，将芯片及其他要素在框架或基板上布置、粘贴固定及连接，引出接线端子并通过可塑性绝缘介质灌封固定，构成整体立体结构的工艺。此概念称为狭义的封装。

更广义上的“封装”是指封装工程，即将封装体与基板连接固定，装配成完整的系统或电子设备，并确保整个系统综合性能的工程。将以上所述的两个层次封装的含义合并起来，就构成了广义的封装概念。

将基板技术、芯片封装体、分立器件等全部要素，按电子设备整机要求进行连接和装配，实现电子的、物理的功能，使之转变为适用于整机或系统的形式，成为整机装置或设备的工程称为电子封装工程。如图 1.1 所示的是封装前的芯片和几种不同芯片封装的外观图。

集成电路封装的目的，在于保护芯片不受或少受外界环境的影响，并为之提供一个良好的工作条件，以使集成电路具有稳定、正常的功能。封装为芯片提供了一种保护，人们平时所看到的电子设备如计算机、家用电器、通信设备等中的集成电路芯片都是封装好的，没有封装的集成电路芯片一般是不能直接使用的。

如图 1.2 所示的是集成电路的工艺流程。由图 1.2 可以看出，制造一块集成电路需要经过集成电路设计、掩膜板制造、原材料制造、芯片制造、封装、检测等几道工序。封装工艺属于集成电路制造工艺的后道工序，紧接在芯片制造工艺之后进行，此时的芯片已经通过了电测试。集成电路是一个非常大的产业，本书只针对集成电路芯片的封装技术进行研究和阐述。

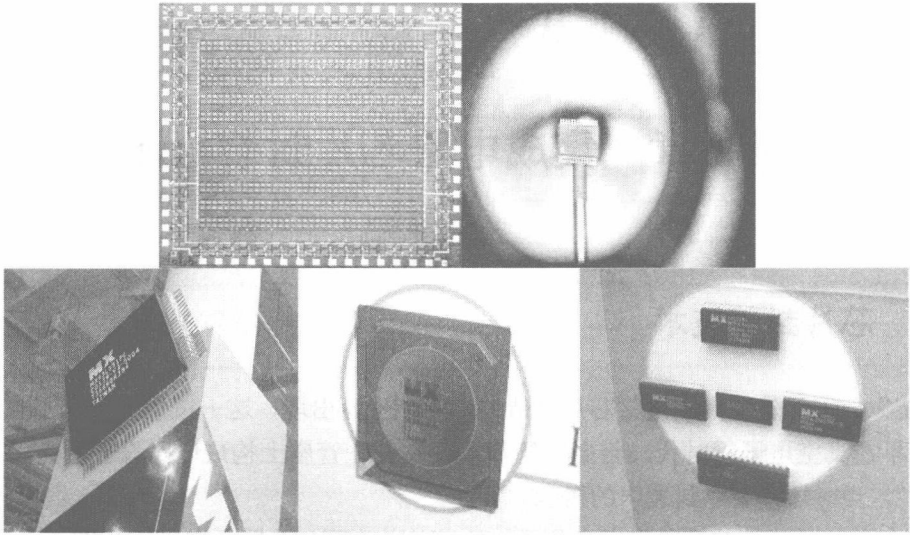


图 1.1 集成电路芯片的显微照片

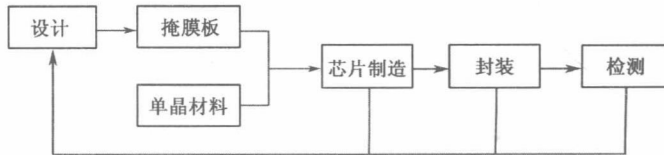


图 1.2 集成电路的工艺流程

1.1.2 芯片封装的技术领域

芯片封装技术涵盖的技术面极广，属于复杂的系统工程。它涉及物理、化学、化工、材料、机械、电气与自动化等各门学科，也使用金属、陶瓷、玻璃、高分子等各种各样的材料，因此芯片封装是一门跨学科知识整合的科学，整合了产品的电气特性、热传导特性、可靠性、材料与工艺技术的应用及成本价格等因素，以达到最优化目的的工程技术。

在微电子产品功能与层次提升的追求中，开发新型封装技术的重要性不亚于集成电路芯片设计与工艺技术，世界各国的电子工业都在全力研究开发，以期得到在该领域的技术领先地位。

1.1.3 芯片封装所实现的功能

为了保持电子仪器设备和家用电器使用的可靠性和耐久性，要求集成电路模块的内部芯片要尽量避免和外部环境空气接触，以减少空气中的水汽、杂质和各种化学物质对芯片的污染和腐蚀。根据这一设想，要求集成电路封装结构具有一定的机械强度，良好的电气性能、散热性能，以及化学的稳定性。

芯片封装实现的功能有以下 4 点（如图 1.3 所示）。

（1）传递电能，主要是指电源电压的分配和导通。电子封装首先要能接通电源，使芯片与电路导通电流。其次，微电子封装的不同部位所需的电压有所不同，要能将不同部位的电压分配恰当，以减少电压的不必要损耗，这在多层布线基板上尤为重要，同时，还要考虑接

地线的分配问题。

(2) 传递电路信号，主要是将电信号的延迟尽可能地减小，在布线时应尽可能使信号线与芯片的互连路径及通过封装的 I/O 接口引出的路径最短。对于高频信号，还应考虑信号间的串扰，以进行合理的信号分配布线和接地线分配。

(3) 提供散热途径，主要是指各种芯片封装都要考虑元器件、部件长期工作时如何将聚集的热量散出的问题。不同的封装结构和材料具有不同的散热效果。对于功耗大的芯片或部件封装，还应考虑附加加热沉或使用强制风冷、水冷方式，以保证系统在使用温度要求的范围内能正常工作。

(4) 结构保护与支持，主要是指芯片封装可为芯片和其他连接部件提供牢固可靠的机械支撑，并能适应各种工作环境和条件的变化。半导体元器件和电路的许多参数（如击穿电压、反向电流、电流放大系数、噪声等），以及元器件的稳定性、可靠性都直接与半导体表面的状态密切相关，半导体元器件及电路制造过程中的许多工艺措施是针对半导体表面问题的。半导体芯片制造出来后，在没有将其封装之前，始终都处于周围环境的威胁之中。在使用中，有的环境条件极为恶劣，必须将芯片严加密封和包封。所以，芯片封装对芯片的保护作用显得极为重要。

集成电路封装结构和加工方法的合理性、科学性直接影响到电路性能的可靠性、稳定性和经济性。对集成电路模块的外形结构、封装材料及其加工方法要合理地选择和科学地设计。为此，在确定集成电路的封装要求时应注意以下几个因素。

(1) 成本：电路在最佳性能指标下的最低价格。

(2) 外形与结构：诸如产品的测试、整机安装、器件布局、空间利用与外形、维修更换及同类产品的型号替代等。

(3) 可靠性：考虑到机械冲击、温度循环、加速度等都会对电路的机械强度，以及各种物理、化学性能产生影响，因此，必须根据产品的使用场所和环境要求，合理地选用集成电路的外形和封装结构。

(4) 性能：芯片固定在外壳上，并对其进行内引线的连接和封装结构的最后封盖，此时的加工方法和类别是很多的。因此，为了保证集成电路在整机上长期使用稳定可靠，必须根据整机的要求，对集成电路封装方法提出具体的要求和规定。

在选择具体的封装形式时，主要需要考虑 5 种设计参数：性能、尺寸、质量、可靠性和成本目标。性能和可靠性指标在高性能的芯片中考虑得比较多，对于大部分消费类应用，更多注重的是成本连同尺寸、质量的控制，使集成电路芯片封装的适用范围更加广泛。例如，可以将其应用于笔记本电脑、汽车的发动机组件及信用卡的塑料夹层。当设计工程师在选择集成电路封装形式时，芯片的使用环境，如沾污、潮气、温度、机械振动及人为使用等都必须考虑在内。

由分析可做这样的比喻，将集成电路芯片与各种电路元器件看做人类的大脑与身体内部的各种器官，可将芯片封装看成人的肌肉骨架，将封装中的连线看做血管神经，提供电源电压与电路信号传递的路径，以使产品电路功能得以充分发挥。

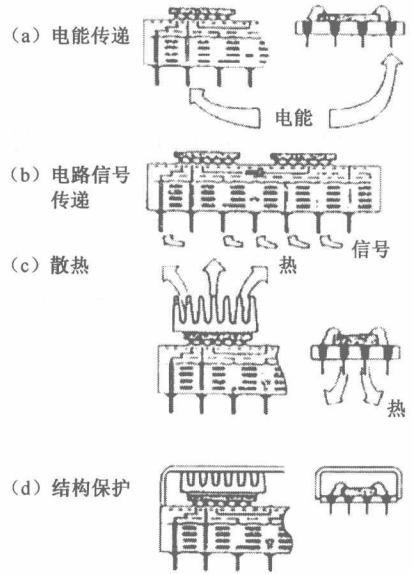


图 1.3 芯片封装实现的功能

1.2 封装技术

1.2.1 封装工程的技术层次

封装工程始于集成电路芯片制成之后，包括集成电路芯片的粘贴固定、互连、封装、密封保护、与电路板的连接、系统组合，直到最终产品完成之前的所有过程。

通常用下列 4 个不同的层次 (Level) 来描述这一过程 (如图 1.4 所示)。

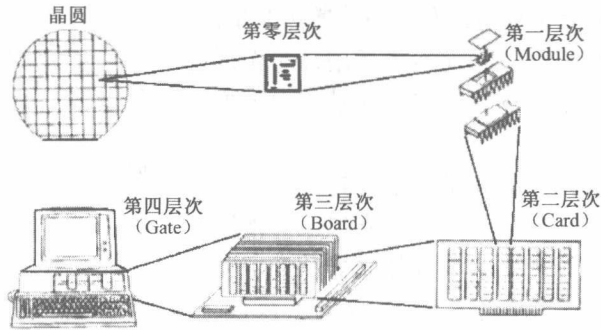


图 1.4 芯片封装技术的层次分类

(1) 第一层次 (Level 1 或 First Level): 该层次又称为芯片层次的封装 (Chip Level Packaging), 是指把集成电路芯片与封装基板或引脚架 (Lead Frame) 之间的粘贴固定、电路连线与封装保护的工艺, 使之成为易于取放输送, 并可与下一层次组装进行连接的模块 (组件 Module) 元件。

(2) 第二层次 (Level 2 或 Second Level): 将数个第一层次完成的封装与其他电子元器件, 组成一个电路卡 (Card) 的工艺。

(3) 第三层次 (Level 3 或 Third Level): 将数个第二层次完成的封装组装成的电路卡组合在一个主电路板 (Board) 上, 使之成为一个部件或子系统 (Subsystem) 的工艺。

(4) 第四层次 (Level 4 或 Fourth Level): 将数个子系统组装成一个完整电子产品的工艺过程。

在芯片上的集成电路元器件间的连线工艺也称为零级层次 (Level 0) 的封装, 因此封装工程也可以用五个层次区分。

因为封装工程是跨学科及最佳化的工程技术, 因此知识技术与材料的运用有相当大的选择性。例如, 混合电子电路 (Hybrid Microelectronic) 是连接第一层次与第二层次技术的封装方法。芯片直接组装 (Chip-on-Board, COB) 与研发中直接将芯片粘贴封装 (Direct Chip Attach, DCA) 省略了第一层次封装, 直接将集成电路芯片粘贴互连到属于第二层次封装的电路板上, 以使产品更符合“轻、薄、短、小”的目标。随着新型的工艺技术与材料技术的不断进步, 封装工程的形态也呈现多样化, 因此, 封装技术的层次区分并没有统一的、一成不变的标准。

1.2.2 封装的分类

按照封装中组合集成电路芯片的数目, 芯片封装可区分为单芯片封装 (Single Chip Packages, SCP) 与多芯片封装 (Multichip Packages, MCP) 两大类, MCP 也包括多芯片组件

(模块)封装 (Multichip Module, MCM)。通常 MCP 指层次较低的多芯片封装, 而 MCM 指层次较高的多芯片封装。

按照密封的材料区分, 可分为以高分子材料(塑料)和陶瓷为主的种类。陶瓷封装 (Ceramic Packages) 的热性质稳定, 热传导性能优良, 对水分子渗透有良好的阻隔能力, 因此是主要的高可靠性封装方法; 塑料封装 (Plastic Packages) 的热性质与可靠性虽低于陶瓷封装, 但它具有工艺自动化、低成本、薄型化封装等优点, 而且随着工艺技术与材料技术的进步, 其可靠性已有相当大的改善, 塑料封装也是目前市场最常采用的技术。

按照器件与电路板互连方式, 封装可区分为引脚插入型 (Pin-Through-Hole, PTH) 和表面贴装型 (Surface Mount Technology, SMT) 两大类。PTH 器件的引脚为细针状或薄板状金属, 以供插入底座 (Socket) 或电路板的导孔 (Via) 中进行焊接固定, 如图 1.5 (a) 所示; SMT 器件则先粘贴于电路板上再以焊接固定, 它具有海鸥翅型 (Gull Wing 或 L-Lead)、钩型 (J-Lead)、直柄型 (Butt 或 I-Lead) 的金属引脚或电极凸块引脚 (也称为无引脚化器件), 如图 1.5 (b) 所示; 舍弃有引脚架的第一层次封装, 直接将 IC 芯片粘贴到基板上再进行电路互连, 这种封装也称为芯片直接粘贴 (Direct Chip Attach, DCA) 封装, 它更能符合“轻、短、小”的要求, 因此成为新型封装技术研究的热点之一。

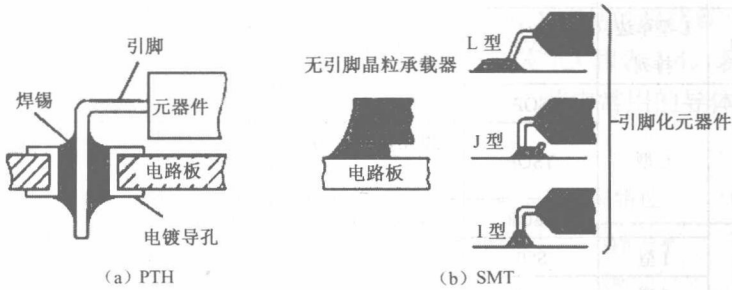


图 1.5 元器件引脚与电路板的连接方式

依引脚分布形态区分, 封装元器件有单边引脚、双边引脚、四边引脚与底部引脚等 4 种。常见的单边引脚有单列式封装 (Single Inline Packages, SIP) 与交叉引脚式封装 (Zig-Zag Inline Packages, ZIP); 双边引脚元器件有双列式封装 (Dual Inline Packages, DIP)、小型化封装 (Small Outline Packages, SOP or SOIC) 等; 四边引脚有四边扁平封装 (Quad Flat Packages, QFP), QFP 封装也称为芯片载体 (Chip Carrier); 底部引脚有金属罐式 (Metal Can Packages, MCP) 与点阵列式封装 (Pin Grid Array, PGA), PGA 又称为针脚阵列封装。

由于产品小型化及功能提升的需求和工艺技术的进步, 封装的形式和内部结构也有许多不同的变化。例如, 为了缩小封装的体积和高度, 双列式封装 (DIP) 有 Shrink DIP (SDIP)、Skinny DIP (SKDIP) 等变化。其他的封装有薄型 (Thin) 或超薄型 (Ultra Thin), 如 TSOP、UTSOP、TQFP 等。芯片尺寸封装 (Chip Scale Packages, CSP) 与 DCA 封装也是为了适应封装薄型化而开发的新技术。为了适应芯片大型化、封装多样化的趋势, 不仅有各种不同的外形, 也有许多与传统结构迥异的设计。例如, 为了芯片能够大型化, 并且克服引脚架和打线连接条件的限制, 芯片吊挂 (Lead on Chip, LOC) 封装改变传统的芯片粘贴方式, 而以聚酰亚胺 (Polyimide PI) 树脂胶带将芯片连接于引脚架之下, PGA 封装又可将自底部伸出的引脚以锡球焊料 (Solder Ball) 取代而成为球栅阵列式封装 (Ball Grid Array, BGA), 如图 1.6 所示为封装形式的演化与趋势,