

电磁兼容应用技术丛书

PCB 的电磁兼容 设计技术、技巧和工艺

王守三 ○ 编译

PCB DE DIANCI JIANRONG
SHEJI JISHU JIQIAO HE GONGYI



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TN410.2/124

2008

电磁兼容应用技术丛书

PCB 的电磁兼容设计 技术、技巧和工艺

王守三 编译

机械工业出版社

本书是“电磁兼容应用技术丛书”的第二分册，共由 8 章组成。中心主题就是向读者综合性地介绍较为高级的或者说较为先进的 PCB 的 EMC 设计技术、技巧、工艺和良好的布局方法，并通过正确的实践学会和掌握它们。本书几乎覆盖了所有工程实践中有关 PCB 设计中所存在的 EMC 设计技术问题。所讨论的技术、技巧和工艺适用于家用电器、商业和工业设备、汽车系统直到航空器和其它军事装备等各种设备。

本书的主要读者对象是从事 PCB 电路设计，并构成在板电子电路以及从事 PCB 本身设计的工程设计人员，也适合从事 PCB 和电磁兼容培训的师生。

版权登记号图字：01-2006-4185 号

图书在版编目 (CIP) 数据

PCB 的电磁兼容设计技术、技巧和工艺/王守三编译. —北京：机械工业出版社，2008.1

(电磁兼容应用技术丛书)

ISBN 978-7-111-22305-4

I. P... II. 王... III. 印刷电路—电磁兼容性—计算机辅助设计 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 139253 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：罗 莉 责任校对：申春香

封面设计：王伟光 责任印制：洪汉军

北京汇林印务有限公司印刷

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 13.625 印张 · 402 千字

0001 - 4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-22305-4

定价：39.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

序

本书是“电磁兼容应用技术丛书”的第二分册。该丛书以每本介绍和讨论一个专题为原则。目前计划出版的四个专题分别是

1. 电磁兼容的实用技术、技巧和工艺（已出版）
2. PCB 的电磁兼容设计技术、技巧和工艺
3. 设备和系统的电磁兼容性
4. 电磁兼容的测试和测量

本丛书的最终目的是希望读者在阅读或在参考使用过程中能够切实实地解决所面临的实际电磁兼容（EMC）技术和应用问题。所以，不论是本分册还是本丛书的其他分册在内容的编排上都是以上述这个目的为出发点的。例如，本书的介绍和讨论是围绕 PCB 设计过程中所涉及的 EMC 技术、技巧和工艺为中心内容的。据此，本书为读者所安排的内容包括有

1. 整体上节省时间和降低成本
2. 隔离和接口抑制
3. PCB 与底板的搭接
4. 0V 参考面和电源参考面
5. 包括掩埋电容在内的去耦合技术
6. 传输线
7. 包括微化孔在内的布线和层叠技术
8. PCB 的 EMC 设计中最后需要提及的一些问题

正如读者所知，虽然以上所列的任何一个题目都可以编写成一本完整的教科书，但如上所述，本书的出发点和目的却与教科书完全不同。

本书（以及本丛书的其他各分册）是希望在有限的篇幅内，将最为重要的一些电磁兼容（EMC）设计上的应用技术和技巧（甚至包括一些重要的工艺手段）以简洁明了的语言和较为全面的方式介绍给

广大的读者和从事 EMC 设计的工程技术人员。因此尽可能地避免那些在任何一本教科书中都可以找到的基本概念、理论介绍和冗长的数学推导和建模,取而代之的是尽可能多地使用通俗语言的表述、经验方法和实用数据以及大量的插图,以做到理解容易、数据随手可得和一目了然。因此读者在阅读本书时,并没有必要像阅读一本教科书那样从头到尾循序渐进地阅读,而是以实用为出发点,需要解决哪方面的问题就参阅相关的章节,从中选择最适合读者本身情况的解决办法。在市场经济和经济全球化的今天,要使一个电子产品立于不败之地,上述的捷径不失为可供选择的方法之一。当然,本书自始至终所强调的一点是:从设计的一开始就应尽可能及早地考虑将产品(PCB)的 EMC 性能作为设计的一个重要组成部分引入到研发过程中,而不要等到出现问题时再寻求解决办法。到那时不仅耗时耗力、造成产品推迟进入市场、甚至造成产品无法通过 EMC 认证并投放市场。

但我也意识到,由于 EMC 应用技术的不断发展与改进,还有许多本书以及本丛书其他各分册中并未涉及的技术和技巧,或由于篇幅的限制而对有些技术技巧的讨论方式方法过于简捷,但作为一套丛书,本书及本丛书的其他各分册仍不失为一套较为系统和较为全面地向读者介绍 EMC 技术应用问题的重要参考书。在编译过程中,我特别将注意力集中在突出介绍设计过程中既能灵活采用的实用技术、技巧以及工艺手段,也考虑到如何能将它们有效地运用到工程实践中来解决所出现的和需要解决的实际问题上。而对所出现的实际问题又希望尽可能多地提出多种解决方案,不仅对它们技术性能上的优缺点进行逐点比较,而且要对它们的性价比进行比较。最后再提出“最佳”或“折中”解决方案向读者推荐,或者读者根据自己的实际情况和条件选择解决方案。这里要指出的是,最昂贵的解决办法并不一定就是最佳的办法。在市场竞争激烈的全球化经济的今天,这后一点不仅是必须考虑的,而且也是市场竞争的必然结果。

本书中所描写的许多技术技巧在改善信号的完整性方面也起着非常重要的作用。这些技术技巧的应用还将大大降低设计过程中的迭代反复、改善 PCB 以及由它们所构成产品在运行现场的可靠性、降低

制造成本以及降低最后产品的返修率和保修申诉,从而使产品具有强大的竞争能力。更重要的是,它们还可以帮助公司大大降低在产品责任法规下可能承担的风险。

这里还应该指出的是,由于电子技术的迅猛发展和大量的新型电子产品的不断涌现,许多新的电子技术和产品并无现成的 EMC 指令或标准可遵循。但即便是在这些情况下,本书所讨论的技术技巧仍然在提高产品质量和工程实践中有很高的价值,并且会给我们带来丰厚的经济效益。

我相信通过本书以及本丛书其他各分册对有关 EMC 技术和应用的介绍和讨论,读者一定对电子/电气系统和产品的有关 EMC 的设计和技术知识的正确应用会有一个初步的、较为全面的,又具有较高实用价值的认识和理解。若是这样,本丛书也就达到了对它所预期的目的。

我相信:如果您是一个刚刚从事 EMC 事业的初来者,那么,作为一个指导性或指南性的本书会引导您沿着正确的设计途径来帮助完成您的 PCB 产品。若您是一个经验丰富的 EMC 工作者,本书也可以为您提供许多有价值的参考。而您若是一个从事 EMC 教育或培训的专家,本书所讨论的内容以及所附的大量插图更会使您的学生和培训对象在加深理解您所教授的内容上有着不可替代的作用。

为了使读者对一个电气或电子产品的设计过程中的 EMC 考虑有一个全面的认识,本书还为读者编写了“项目 EMC 寿命周期”这样的附录。它简明、系统地将产品设计过程中的 EMC 考虑按顺序逐条列出,以供读者对照和参考。

与第一分册相同,由于本书使用了大量的英文缩略语,为了便于读者阅读和对这些缩略语的正确理解,在本书的最后以附录的形式,为读者编写了一个较为详细的“英文缩略语索引”。该索引包括了本书中所出现的所有英文缩略语。每条英文缩略语由下列几个部分组成:英文缩略语词头、所代表的英文全称、中文解释、定义描述、使用说明及简化电路和实物照片。

在此要感谢凯斯·阿姆斯壮先生允许将他的文章编译于本丛书。

由于电子技术和产品的迅速发展以及 EMC 技术的“黑色魔术”

PCB 的电磁兼容设计技术、技巧和工艺

特征和学科的交叉性及边缘性，再加上本人水平有限，在本书的编译过程中难免会出现这样或那样的错误和不足，在此敬请专家、读者和广大 EMC 工作者不吝赐教与指正。

王守三

于美国康涅狄克州

目 录

序

概述 (PCB 的 EMC 设计和布局)	1
第 1 章 整体上节省时间和降低成本	5
1.1 使用这些 EMC 技术的原因	5
1.1.1 发展趋势——降低成本和及时占领市场	5
1.1.2 降低单位制造成本	7
1.1.3 实现无线数据通信	9
1.1.4 允许采用最新的 IC 设计和 IC 封装技术	11
1.1.5 尽早符合大功率数字信号处理的 EMC 要求	12
1.1.6 改善模拟电路的抗扰度	12
1.2 “高速”意味着什么	13
1.3 PCB 的电子学发展趋势和它们在 PCB 上的执行	16
1.3.1 芯片的缩小	16
1.3.2 封装的缩小	19
1.3.3 电源电压的降低	20
1.3.4 PCB 正在变得与任何硬件和软件同样重要	21
1.3.5 EMC 测试的发展趋势	21
1.4 通过对设计技术管理来降低开发周期风险和返修率	22
1.4.1 指导原则、数学公式和场求解器	22
1.4.2 虚拟设计	23
1.4.3 实验验证	28
参考文献	29
第 2 章 隔离和接口抑制	30
2.1 隔离技术简介	30
2.2 PCB 层次上的屏蔽	30
2.2.1 PCB 层次上采取屏蔽措施的原因	31
2.2.2 PCB 层次上的屏蔽综述	32
2.2.3 PCB 上屏蔽罩壳的类型	35

PCB 的电磁兼容设计技术、技巧和工艺

2.2.4 PCB 上屏蔽罩壳的固定和安装	37
2.2.5 PCB 上屏蔽罩壳的材料	38
2.2.6 屏蔽罩壳上的孔洞和缝隙	39
2.2.7 截止频率以下的波导技术	41
2.2.8 近场对屏蔽的影响	43
2.2.9 空腔谐振	44
2.3 互连接和屏蔽	47
2.4 屏蔽和散热技术的组合应用	51
2.5 环境问题	52
2.6 PCB 层次上的滤波	53
2.6.1 PCB 层次上采用滤波技术的原因	53
2.6.2 PCB 层次上的滤波技术综述	53
2.6.3 高性能的滤波要求一个高质量的 RF 参考面	55
2.6.4 单级低功率和信号 PCB 的滤波器设计	55
2.6.5 PCB 层次上的电源滤波器	63
2.6.6 屏蔽连接器的滤波	63
2.7 离板互连接的设置	64
参考文献	65
第 3 章 PCB 与底板的搭接	67
3.1 PCB 与底板的搭接简介	67
3.1.1 什么是底板	68
3.1.2 什么是搭接	69
3.1.3 混合型搭接	73
3.1.4 地环路和传统惯例	74
3.2 为什么要把 PCB 的 0V 参考面搭接到底板上	75
3.2.1 降低转移阻抗	75
3.2.2 更好地控制边缘场	77
3.3 所关心的最高频率	78
3.4 PCB 和它的底板较为靠近的优点	80
3.5 控制 PCB-底板间的空腔谐振	81
3.5.1 为什么和怎么会形成空腔谐振	81
3.5.2 波长准则	83
3.5.3 通过增加搭接点的数目来提高谐振频率	84
3.5.4 假如无法使用足够的搭接点该怎么办	88

3.5.5 扩展谐振频率的宽度来降低它的峰值幅度	88
3.5.6 通过设计来避开引起问题频率上的谐振	89
3.5.7 正确地选用电容器	91
3.5.8 使用电阻器来阻尼空腔谐振	91
3.5.9 使用吸波器来阻尼空腔谐振	92
3.5.10 降低容性搭接的阻抗	93
3.5.11 使用屏蔽技术	94
3.5.12 使用全屏蔽的 PCB 组件	95
3.6 子板和小背板	95
参考文献	96
第 4 章 0V 参考面和电源参考面	98
4.1 参考面简介	98
4.2 参考面的设计问题	101
4.2.1 参考面尺寸	101
4.2.2 参考面中的缝隙和孔洞的处理	103
4.2.3 网格化面和铜质充填	108
4.2.4 器件与参考面间的连接	109
4.2.5 隔热衬垫	112
4.2.6 器件的设置	113
4.2.7 充填和网格	114
4.2.8 0V 参考面中的谐振	116
4.2.9 参考面对中的空腔谐振	117
4.2.10 降低来自参考面对的侧边射击发射	121
4.2.11 为主动信号或电源选择正确的通孔位置	124
4.2.12 何时和如何变更线条的层次	124
4.2.13 用于安装 DC/DC 变换器和时钟的元件层面	125
4.3 0V 参考面的分割已不再是一个良好的实践	125
4.4 线条必须跨越一个分割的 0V 或电源参考面的情况	129
4.5 高密度互连接、堆焊和微化孔 PCB 技术	131
4.6 全屏蔽 PCB 组件	132
参考文献	135
第 5 章 包括掩埋电容在内的去耦合技术	137
5.1 去耦合简介	137
5.2 使用分列电容器的去耦合	140

5.2.1 在电路的什么位置上需要使用去耦电容	140
5.2.2 在 IC 和多芯片模块中设置去耦电容的好处	141
5.2.3 需要使用多大电容量的去耦电容	142
5.2.4 去耦电容的类型	143
5.2.5 减小电流环路的布局	144
5.2.6 去耦电容的串联谐振	148
5.2.7 在去耦合中铁氧体的使用	150
5.2.8 把一个去耦电容分割为二	151
5.2.9 以并联的方式使用多个去耦电容	152
5.2.10 降低去耦电容 ESL 的其他方法	157
5.3 使用 0V/电源参考面对的去耦合	159
5.3.1 使用 0V/电源参考面对的去耦合效益简介	159
5.3.2 一个 0V/电源参考面对的分布电容	159
5.3.3 使用 0V/电源参考面对时的 PCB 0V 和电源布线	161
5.3.4 去耦电容的位置	164
5.3.5 当使用 0V/电源参考面对时如何消除去耦电容的并联谐振	165
5.3.6 0V/电源参考面对中的空腔谐振	166
5.3.7 用去耦电容搭接参考面来提高谐振频率	168
5.3.8 由 π 型滤波器来向电源参考面岛供电	169
5.3.9 阻尼空腔谐振的峰值	171
5.3.10 参考面的扩展电感	171
5.3.11 20H 规则	172
5.3.12 充分利用去耦电容串联谐振的优点	173
5.3.13 去耦电容壁	173
5.3.14 用于降低发射的其他 0V/电源参考面对技术	174
5.3.15 掩埋电容技术	174
5.4 用于模拟电源总线阻抗的场求解器及其程序	179
参考文献	180
第 6 章 传输线	183
6.1 PCB 上的匹配传输线	183
6.1.1 简介	183
6.1.2 传播速度 v 和特性阻抗 Z_0	186
6.1.3 阻抗非连续性效应	187
6.1.4 保持 Z_0 为恒定值的效果	190

6.1.5 时域反射测量技术	191
6.1.6 什么时候需要使用匹配传输线	192
6.1.7 现代产品中使用匹配传输线的重要性	197
6.1.8 问题的关键所在是信号的真实上升/下降时间	197
6.1.9 噪声和抗扰度问题应该包括在设计考虑之中	200
6.1.10 线条两端的波形计算	202
6.1.11 两种常用类型的传输线	203
6.1.12 共面传输线	205
6.1.13 容性负载的影响	206
6.1.14 PCB 上设置测试线条的需要	209
6.1.15 上升时间和频率之间的关系	210
6.2 传输线的终端法	211
6.2.1 终端法的类型	212
6.2.2 驱动器的困难所在	217
6.2.3 传输线匹配中折中方案的选择	218
6.2.4 带有智能终端器的 IC	220
6.2.5 双向终端法	220
6.2.6 非线性终端技术	221
6.2.7 终端补偿	222
6.2.8 传输线端头上终端器的位置	223
6.3 传输线布线的制约	223
6.3.1 一般布线原则	223
6.3.2 通过电缆离开一个产品的传输线	226
6.3.3 产品内部 PCB 间的互连接	227
6.3.4 线条在 PCB 中变更层次	229
6.3.5 线条穿越 PCB 参考面的沟槽或缝隙	233
6.3.6 避免线条形成尖锐的拐角	234
6.3.7 利用通孔或去耦电容连接返回电流平面	235
6.3.8 通孔短截线的影响	235
6.3.9 通孔周围区域布线的选择和影响	237
6.3.10 PCB 层叠和布线所造成的其他影响	238
6.3.11 有关微带线的一些问题	241
6.4 匹配差分传输线	242
6.4.1 差分信号简介	242

6.4.2 在差分传输线中的 CM 和 DM 特性阻抗	244
6.4.3 离开 PCB 或穿越分割参考面的差分传输线	247
6.4.4 差分信号传输中的失衡控制	248
6.4.5 布线的非对称性	254
6.5 介质材料的选择	256
6.5.1 编织基板的影响	256
6.5.2 其他类型的 PCB 介质	258
6.6 匹配阻抗连接器	259
6.7 屏蔽的 PCB 传输线	261
6.7.1 沟道化带状线	261
6.7.2 在 PCB 内部形成全屏蔽的传输线	262
6.8 相关的一些其他问题	263
6.8.1 阻抗匹配、变换和 AC 耦合	263
6.8.2 留有安全裕度是一种良好的工程实践	264
6.8.3 滤波	265
6.8.4 CM 扼流圈	267
6.8.5 用串行数据总线代替并行总线	267
6.8.6 FR4 和铜材的损耗	268
6.8.7 微带线涂敷所带来的问题	269
6.8.8 搭接导线和插针的影响	270
6.9 使用模拟器和求解器来帮助我们设计匹配传输线	270
参考文献	273
第 7 章 包括微化孔在内的布线和层叠技术	277
7.1 布线、层叠和微化孔技术	277
7.2 布线选择技术和技巧	277
7.3 层叠	278
7.3.1 从减小线条与参考面间距中获益	279
7.3.2 从减小元件与参考面间距中获益	280
7.3.3 铜平衡	280
7.3.4 单层 PCB	283
7.3.5 双层 PCB	284
7.3.6 4 层 PCB	285
7.3.7 6 层 PCB	288
7.3.8 8 层 PCB	290

7.3.9 多于 8 层的 PCB	291
7.3.10 在工程实践中 PCB 的层数和成本效益的考虑	292
7.4 使用区域充填或网格化形成铜平衡的 EMC 问题	294
7.5 PCB 中的高密度互连接技术	296
7.5.1 什么是 HDI	296
7.5.2 HDI 的 EMC 优势	297
7.5.3 HDI 技术的选用和成本	298
7.5.4 使用 HDI 技术时的 PCB 设计问题	299
7.5.5 有关 HDI 技术的参考文献	299
7.6 线条的电流容量	299
7.6.1 承受浪涌和瞬态电流的能力	299
7.6.2 PCB 线条所能承受的最大连续 DC 和低频电流	303
7.6.3 在 PCB 电源分配系统中的电压降	303
7.6.4 PCB 线条所能承受的连续 RF 电流	303
7.6.5 关于电流承受能力计算的精确度考虑	304
7.7 布局对瞬态和浪涌电压的承受能力	305
7.7.1 线条与线条以及线条与金属体的间距	305
7.7.2 由于必须符合降低危险物质限制指令所引起的 EMC 和安全问题	306
参考文献	308
第 8 章 PCB 的 EMC 设计中最后需要提及的一些问题	312
8.1 电源与 PCB 的连接	312
8.2 低介电常数的介质	313
8.3 IC 的芯片级封装	316
8.4 在板芯片	316
8.5 PCB 的散热问题	317
8.5.1 散热器对 EMC 性能的影响	317
8.5.2 散热器的 RF 谐振	319
8.5.3 散热器与 PCB 参考面的搭接	320
8.5.4 屏蔽和散热技术的结合使用	326
8.5.5 其他可利用的散热技术	328
8.5.6 用于功率器件的散热技术	329
8.6 封装谐振	331
8.7 消除用于探针板或飞行探头测试的测试盘	332

PCB 的电磁兼容设计技术、技巧和工艺

8.8 未使用的 I/O 插针	335
8.9 晶体和振荡器	336
8.10 IC 选用技巧	336
8.11 传输线端头上的终端器位置	337
8.12 电磁能带隙	338
8.13 PCB 设计中最后两个需要注意的细节	340
8.14 密切注意 PCB 制造厂商对层次布局和层叠的改变	340
8.15 生产过程中对 EMC 设计的检验	342
8.15.1 在设计图上注明用于 EMC 设计的要点或所使用的关键 元件	343
8.15.2 EMC 设计的质量控制步骤	343
参考文献	344
附录	347
附录 A 项目 EMC 寿命周期	347
附录 B 英文缩略语索引	348

概 述

(PCB 的 EMC 设计和布局)

本书是电磁兼容应用技术丛书的第二分册，共由 8 章组成。中心主题就是向读者综合性地介绍较为高级的或者说较为先进的 PCB 的 EMC 设计技术、技巧、工艺和良好的布局方法，并通过正确的实践学会和掌握它们。本书的主要读者对象是从事 PCB 电路设计，并构成在板电子电路以及从事 PCB 本身设计的工程设计人员。本书几乎覆盖了所有工程实践中有关 PCB 设计中所存在的 EMC 设计的技术问题。所讨论的技术、技巧和工艺适用于家用电器、商业和工业设备、汽车系统直到航空器和军事装备等各种设备。

本书与本丛书的其他各分册一样，所介绍的都是一些非常实用的技术。比如，如果您希望在 PCB 设计中：

- (1) 减少（或完全消除）罩壳层次上的屏蔽；
- (2) 减少设计迭代反复来降低符合 EMC 要求的花费，并使产品尽快投入市场；
- (3) 改善同时存在的无线数据通信 [全球移动通信系统 (GSM)，DECT (欧洲的一种数字增强型无线通信技术)，Bluetooth (一种由若干大公司组成的组织：Bluetooth Special Interest Group 开发的无线个人局域网 (WPAN)，IEEE802.11 等)] 的范围；
- (4) 使用很高速度的器件或高功率数字信号处理 (DSP)；
- (5) 使用最新的 IC 技术 (130nm 或 90nm 工艺，“芯片比例缩小”封装等)。

实际上，在本丛书的第一分册中，已就 PCB 的 EMC 设计和布局做过一些一般性的讨论。但那些讨论只是基于满足最低 EMC 要求的一些最为基本的 PCB 技术。换句话讲，设计过程中不论所涉及的电路如何简单，它们是在所有的设计中都必须遵从的。虽然电子技术日

益更新,但这些基本技术的原理和应用技术并没有什么太大的改变。因此我们不会在本书中再去重复它们。而是在理解和掌握它们的基础上,给读者提供更高层次的,特别是用于 PCB 上满足 EMC 要求的设计技术、技巧、布局和一些工艺方法。

正如在本丛书的第一分册中的序中已指出的,我们不会去花费很多的时间和篇幅或我们根本就不会去涉及为什么这些技术会有有效的工作,这不是我们的目的。我们要讨论的,或者说我们关心的是:什么是适当的时间和场合以及如何正确地去应用这里所介绍和讨论的技术,并对它们所带来的经济效益进行比较。更为直接地讲,也就是如何合理地去管理这些实用技术。这些技术不仅已在全球范围内的实际应用和工程实践中证明是非常有效的,而且学术界对它们的工作原理也已十分了解。所以,读者可以放心地将它们应用到工程实践中去。但是在本书的讨论中也会涉及非常少数的几个工作原理并不那么完全清楚的应用技术。若是遇到这种情况,我会及时提醒读者注意。

要将所有有关的良好 EMC 设计技术简单地罗列在一起写成一篇文章、一个章节或一本书并不是什么困难的事情。但是在工程实践中,要从存在着的大量可供选择的设计和技术中选择出最佳者则绝非易事。它需要通过尽可能全面的权衡和折中。这种权衡和折中选择本身就是一个系统管理的过程。这种从大量设计中选择出最能符合和满足个案要求的权衡和折中才是对电路或 PCB 的 EMC 设计师们的真正挑战。对一个设计师而言,重要的是要知道他所做的所有这些权衡和折中所需的成本花费,以及它们各自的优缺点和可能获得的效益(性价比)。只有这样才有可能避免意外忽视所造成不在计划内的高额花费和项目进程的延迟这类至关重要的问题。那时真正的花费将会远远超过在项目设计早期进行相同改进时的花费。请参阅本书第 1 章中的图 1-1。

在任何不能采用上述这些“PCB 的 EMC 设计技术”的场合,就必然会面临各种各样的 EMC 问题。倘若所预期的问题并没有出现在当前的项目中,这并不意味着就可以忽视它们。它们迟早还会出现在下一个项目,或今后的某个项目中。原因很简单:由于所有晶体管和 IC 中的硅片尺寸的不断缩小,以及由此带来的运算和通信速度的急