



Altium Designer

原理与实例

主编 修建国



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

Altium Designer

原理与实践

Altium Designer Yuanli yu Shijian

主 编 修建国

参 编 谢再晋 周俊生



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

Altium Designer 原理与实例/修建国主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2019. 1

ISBN 978 - 7 - 5623 - 5889 - 3

I. ①A… II. ①修… III. ①印刷电路 - 计算机辅助设计 - 应用软件 - 高等学校 - 教材 IV. ①TN410. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)006867 号

Altium Designer 原理与实例

修建国 主编

出版人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail:scute13@scut.edu.cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 欧建岸

印刷者: 广州市穗彩印务有限公司

开本: 787mm × 960mm 1/16 印张: 21 字数: 500 千

版次: 2019 年 1 月第 1 版 2019 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 2000 册

定 价: 48.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

目 录

第 1 章 电路基础	1
1.1 电路图基础	1
1.2 电路原理图基础	3
1.2.1 电路原理图的组成	3
1.2.2 读懂原理图	4
1.3 印制电路板基础	5
1.4 PCB 设计的基本概念	6
1.4.1 元件封装	7
1.4.2 其他概念	8
第 2 章 Altium Designer 操作界面及设计流程	11
2.1 工作环境	11
2.1.1 工作面板管理	11
2.1.2 窗口管理	12
2.1.3 窗口语言切换	13
2.2 工程管理	14
2.3 Altium Designer 设计基本流程	22
第 3 章 原理图设置与设计	26
3.1 Altium Designer 原理图编辑的操作界面	26
3.2 原理图设计流程	31
3.3 工程参数设置	40
3.4 原理图参数设置	41
3.4.1 “General” 选项卡	42
3.4.2 “Graphical Editing” 选项卡	45
3.4.3 “Compiler” 选项卡	47
3.4.4 “Grids” 选项卡	49
3.4.5 “Default Units” 选项卡	50
3.4.6 “Default Primitives” 选项卡	51
3.5 原理图文档设置	51
3.5.1 当前文档设置	51
3.5.2 文档模板设置与制作	56
3.6 放置图元对象	60
3.6.1 放置电子元件的方法	60

3.6.2	布置导线	65
3.6.3	布置总线和总线引入线	67
3.6.4	布置网络标号	70
3.6.5	电源端口的布置	71
3.6.6	放置电气结点	72
3.6.7	布置端口	73
3.6.8	布置“ No ERC ”标志	74
3.6.9	非电气图元对象的绘制	75
第4章	原理图编辑	76
4.1	原理图的基本编辑操作	76
4.1.1	选取图元	76
4.1.2	解除对象的选取状态	77
4.1.3	图元对象的剪切、复制、粘贴	78
4.1.4	删除图元对象	84
4.1.5	移动图元对象	84
4.1.6	对象的排列与对齐	91
4.1.7	图元对象的组合	97
4.1.8	电路连线的编辑	98
4.2	图元对象的系统编辑	100
4.2.1	查找并批量修改图元对象	100
4.2.2	“ Navigator ”面板	105
4.2.3	选择存储器	106
4.3	编辑元件编号	108
4.3.1	元件编号的手动编辑	109
4.3.2	元件自动编号	110
第5章	原理图设计实例	116
5.1	实例1: 具有过流保护的直流可调稳压电源	116
5.1.1	新建项目文档	116
5.1.2	设置图纸尺寸及版面	119
5.1.3	加载元件库	121
5.1.4	在原理图上布置其他元件	123
5.1.5	原理图布局	131
5.1.6	原理图编译	135
5.1.7	生成报表	136
5.1.8	图纸输出	138
5.2	实例2: 防盗报警器	140

5.2.1	新建项目文档	140
5.2.2	设置图纸尺寸及版面	143
5.2.3	加载元件库	145
5.2.4	在原理图上布置其他元件	147
5.2.5	在原理图上布线	153
5.2.6	生成报表	155
5.2.7	原理图编译	157
5.2.8	图纸输出	158
5.3	实例3: 时钟电路	160
5.3.1	新建项目文档	162
5.3.2	设置图纸尺寸及版面	164
5.3.3	创建元件库	166
5.3.4	在原理图上布置元件	176
5.3.5	原理图编译	182
5.3.6	生成报表	182
5.3.7	图纸输出	184
5.4	实例4: 脉冲可调恒流充电器 (B型)	185
5.4.1	新建项目文档	187
5.4.2	设置图纸尺寸及版面	189
5.4.3	加载元件库	191
5.4.4	在原理图上布置其他元件	194
5.4.5	在原理图上布线	198
5.4.6	原理图编译	201
5.4.7	生成报表	202
5.4.8	图纸输出	204
第6章	PCB 设置与设计	206
6.1	PCB 编辑的操作界面	206
6.1.1	“布线”工具栏	208
6.1.2	“应用程序”工具栏	209
6.2	PCB 板设计流程图	210
6.3	添加 PCB 文档	212
6.4	定制 PCB 编辑环境	221
6.4.1	PCB 工作环境设置	221
6.4.2	网格及图纸设置	224
6.5	PCB 板设置	226
6.5.1	PCB 板层设置	226

6.5.2	PCB 板层颜色设置	229
6.6	PCB 板基本图元对象布置	230
6.6.1	布置连线	230
6.6.2	布置线段	233
6.6.3	布置焊盘	234
6.6.4	布置过孔	236
6.6.5	布置圆弧线	237
6.6.6	布置填充区域	239
6.6.7	布置字符串	240
6.6.8	布置 PCB 元件封装	242
6.6.9	布置多边形敷铜区域	244
6.6.10	尺寸标注	246
第7章	PCB 板图绘制实例	248
7.1	实例 1: 具有过流保护的直流可调稳压电源	248
7.1.1	在项目中新建 PCB 文档	248
7.1.2	设置 PCB 板	250
7.1.3	导入元件	252
7.1.4	元件布局	253
7.1.5	手工布线	255
7.1.6	验证 PCB 设计	256
7.2	实例 2: 防盗报警器	257
7.2.1	在项目中新建 PCB 文档	257
7.2.2	设置 PCB 板	259
7.2.3	导入元件	261
7.2.4	元件布局	263
7.2.5	自动布线	263
7.2.6	手工完善布局与布线	265
7.2.7	验证 PCB 设计	266
7.3	实例 3: 时钟电路	267
7.3.1	在项目中新建 PCB 文档	267
7.3.2	设置 PCB 板	269
7.3.3	导入元件	271
7.3.4	元件布局	272
7.3.5	手工布线	273
7.3.6	验证 PCB 设计	274
7.4	实例 4: 脉冲可调恒流充电器	275

7.4.1	在项目中新建 PCB 文档	275
7.4.2	设置 PCB 板	277
7.4.3	导入元件	280
7.4.4	元件布局	281
7.4.5	手工布线	282
7.4.6	验证 PCB 设计	282
第 8 章	原理图库文件的编辑	284
8.1	创建原理图元件库文件	284
8.1.1	新建元件库文件	284
8.1.2	LM317 元件原理图创建	285
8.1.3	NE555 元件原理图创建	292
8.1.4	MAX232 元件原理图创建	299
8.2	提取原理图元件	306
8.2.1	从原理图提取原理图元件	306
8.2.2	从原理图库提取原理图元件	309
8.3	创建复合元件库	310
8.3.1	原理图元件库转换集成元件库	310
第 9 章	PCB 元件封装库的编辑	314
9.1	PCB 元件封装编辑器	314
9.2	PCB 元件封装管理	315
9.3	自定义 PCB 元件封装	316
9.4	利用向导生成 PCB 元件封装	320

第 1 章 电路基础

1.1 电路图基础

作为硬件工程师，首先要对有技术参数的电路图进行总体了解，能划分功能模块，找出信号流向，确定元件作用。

1.1.0.1 原理图

电路图是为了研究和工程的需要，用约定的符号绘制的一种表示电路结构的图形。常见的电路图有原理图、方框图、装配图和印板图等。原理图和印板图是硬件工程师接触最多的两种电路图，其中原理图主要体现电路图的逻辑与原理，而印板图主要体现尺寸与连接关系。

原理图就是用来体现电子电路的工作原理的一种电路图，又被叫作“电路原理图”，它主要体现电路的逻辑关系，如图 1-1 所示。由于它直接体现了电子电路的结构和工作原理，所以一般用在设计、分析电路中。分析电路时，通过识别图纸上所画的各种电路元件符号以及它们之间的连接方式，就可以了解电路的实际工作情况。

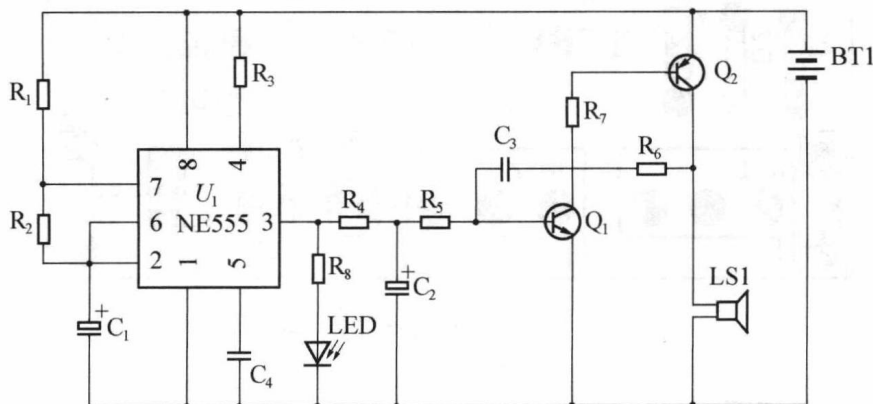


图 1-1 电路原理图

1.1.0.2 方框图

方框图是一种用方框和连线来表示电路工作原理和构成概况的电路图。从根

本上说，这也是一种原理图。不过在这种图纸中，除了方框和连线几乎没有别的符号了。它和上面的原理图主要的区别就在于原理图详细地绘制了电路的全部的元器件和它们的连接方式，而方框图只是简单地将电路安装功能划分为几个部分，将每一个部分描绘成一个方框，在方框中加上简单的文字说明，在方框间用连线(有时用带箭头的连线)说明各个方框之间的关系。所以方框图只能用来体现电路的大致工作原理，而原理图除了详细地表明电路的工作原理外，还可以用来作为采集元件、制作电路的依据。图 1-2 是电路原理图(图 1-1)的方框图。

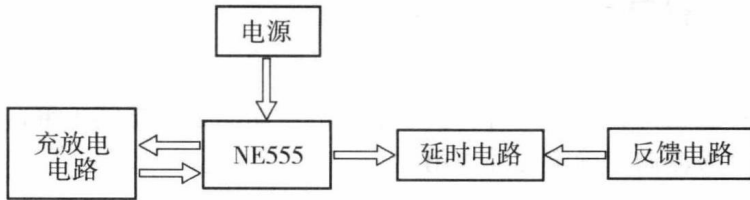


图 1-2 电路方框图

1.1.0.3 装配图

装配图(与坐标文件同时使用)是为了进行电路装配而采用的一种图纸，图上的符号往往是电路元件实物的外形图。我们只要照着图上画的样子，依样画葫芦地把一些电路元器件连接起来就能够完成电路的装配，如图 1-3 所示。装配图根据装配模板的不同而各不一样。

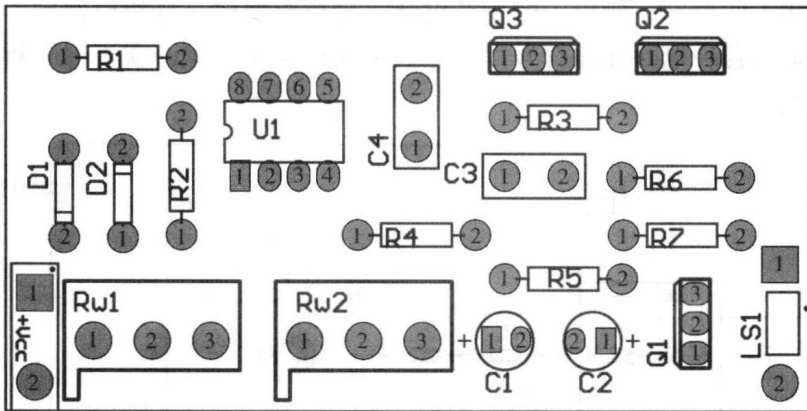


图 1-3 电路装配图

1.1.0.4 印板图

在大多数制作电子产品的场合，用的是下面要介绍的印板图，所以印板图是装配图的主要形式之一。印板图的全名是“印制电路板图”或“印制线路板图”。印制电路板的英文缩写为“PCB”。印板图和装配图其实属于同一类的电路图，都是供装配实际电路使用的。印制电路板是在一块绝缘板上先敷上一层金属箔，再

将电路不需要的金属箔腐蚀掉，剩下的部分金属箔作为电路元器件之间的连接线，然后将电路中的元器件安装在这块绝缘板上，利用板上剩余的金属箔作为元器件之间导电的连线，完成电路的连接。由于这种电路板的一面或两面敷的金属是铜皮，所以印制电路板又叫“敷铜板”，如图1-4所示。

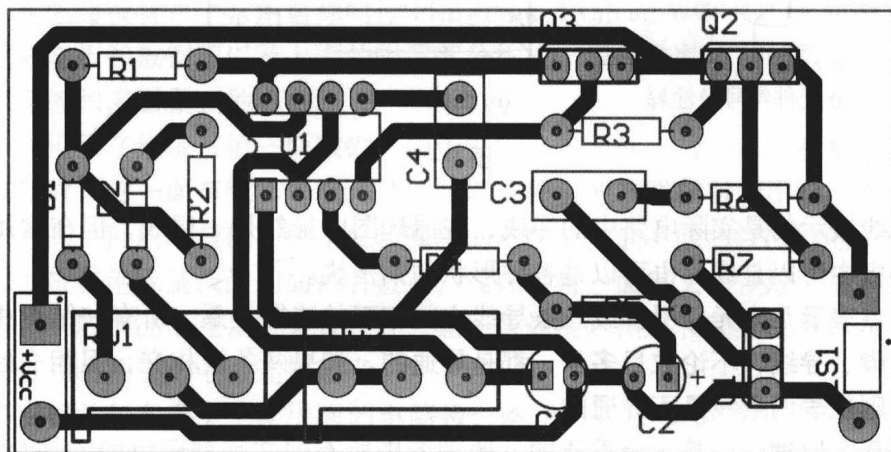


图1-4 印制电路板图

印板图的元件分布往往和原理图中大不一样。在印制电路板的设计中，主要考虑所有元件的分布和连接是否合理，要考虑元件体积、散热、抗干扰、抗耦合等诸多因素。综合这些因素设计出来的印制电路板，从外观看很难和原理图完全一致，而实际上却能更好地实现电路的功能。

在上面介绍的四种形式的电路图中，原理图是最常用也是最重要的电路图，通过原理图可以掌握电路的基本原理，绘制方框图，设计装配图、印板图就比较容易了。掌握了原理图，进行电器的维修、设计，也是十分方便的。此外印板图设计也十分重要，设计过程中要严格遵守设计规则，譬如线宽、间距、布局、走线、铺铜及钻孔等必须符合一定规则，电路功能、信号才能实现设计要求。

1.2 电路原理图基础

1.2.1 电路原理图的组成

电路原理图主要由元件符号、连线、结点、注释四大部分组成，如图1-5所示。

元件符号表示实际电路中的元件，它的形状与实际元件不一定相似，甚至完全不一样，但是它一般都表示出了元件的特点，而且引脚的数目都和实际元件保持一致。元件符号包括边框、引脚、管脚属性和元件属性等。

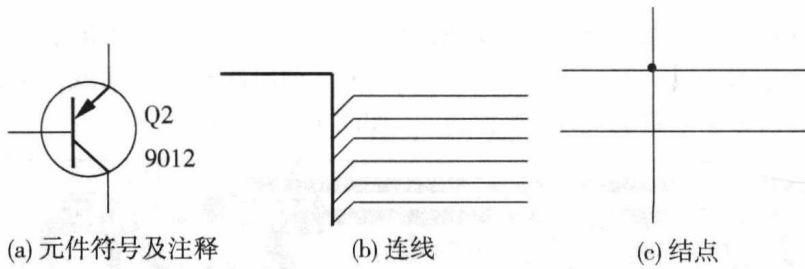


图 1-5

连线表示的是实际电路中的导线，在原理图中虽然是一根线，但在常用的印制电路板中可以是线，也可以是各种形状的铜箔块。

结点表示几个元件引脚或几条导线之间相互的连接关系。所有和结点相连的元件引脚、导线，不论数目多少，都是导通的。如果两条线相交，但相交处没有结点，则代表两条线是不导通的。

注释在原理图中是十分重要的。原理图中所有的文字都可以归入注释一类。细看以上各图就会发现，在原理图的各个地方都有注释存在，它们被用来说明元件的型号、名称等。图 1-5 中字符“Q2”为标号注释，字符“9012”用于元件型号注释，设计者可以根据需要标注释。

1.2.2 读懂原理图

前面说到，原理图是用来体现电子电路工作原理的一种电路图。分析电路原理时，要通过识别图纸上所画的各种电路元件符号，以及它们之间的连接方式来读懂电路原理。

要看懂印制电路板图，首先要能看懂它的电路原理图，掌握电子元器件的标示方式和它的工作原理，掌握常用元器件的正常参数和在正常的电路中所起到的作用等知识。然后再对印制电路板进行分析，才能比较快地看懂它的工作原理和掌握一些需要了解的情况。

分析首先从划分子电路模块开始，再找到子电路的核心元件(当然要熟悉这个元件)，找出各子电路模块之间电参量的联系，最后弄清楚整个电路的输出和输入或者功能。也就是说，对电路原理图要有一个总体的了解，划分出各个功能模块，如电源模块、控制器模块、存储器模块、音频模块、GPRS 模块等，对各个模块逐一分析，最后统一起来就可大体了解电路所要实现的功能。

1.3 印制电路板基础

印制电路板有一个常用名称叫作 PCB(Printed Circuit Board)。常见的 PCB 主要由绝缘基板和敷铜面以及上面的附属部分构成, 根据其敷铜面的数量分为单面板、双面板和多层板三种。

单面板只在绝缘基板一面敷铜, 用于安插电子元件, 另一面没有敷铜。由于只可在它敷铜的一面布线和焊接元件, 所以这种板的布线相对较困难, 对设计者的要求较高, 但成本最低, 用于比较简单的电路或对成本限制较严的电子产品。

双面板在绝缘基板的两面都有敷铜, 设计时将一面定义为顶层, 另一面定义为底层, 一般情况下在顶层布置元件, 在底层焊接。顶层和底层都可以布线, 可以使用过孔将两层的电路连接起来。

多层板是包含多个工作层面的电路板, 除了有顶层和底层外, 还有中间层。顶层和底层与双面板一样, 中间层一般构成电源层或接地层。

为了便于电路板的焊接, 防止生产过程中的错误, 在印制电路板的顶层和底层安插电子元件的位置印上一些必要的符号和文字, 如元件标号、引脚标志等。印刷标志或文字的层称为丝印层。

通常在印制电路板上布上铜膜导线后, 还要在上面涂一层防焊膜。这层防焊膜将铜膜导线覆盖住, 仅留出需要进行焊接的位置。防焊膜不粘焊锡, 在进行机器焊接时, 可以防止焊锡溢出造成短路。

图 1-6 是一部手机的拆解图, 其中下半部分 PCB-A 是带有电子元器件的印制电路板。

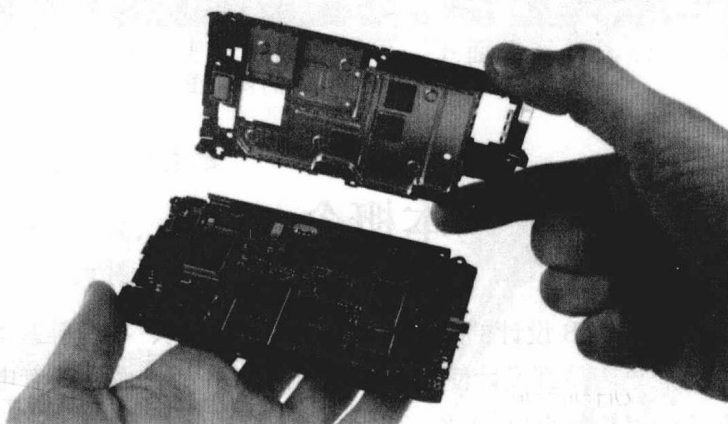


图 1-6 手机的 PCB-A

图 1-7 和图 1-8 分别是手机 PCB-A 的正面图和背面图。随着电子设备越来越小，集成度越来越高，印制电路板的层数也从单层、双层向多层演变。

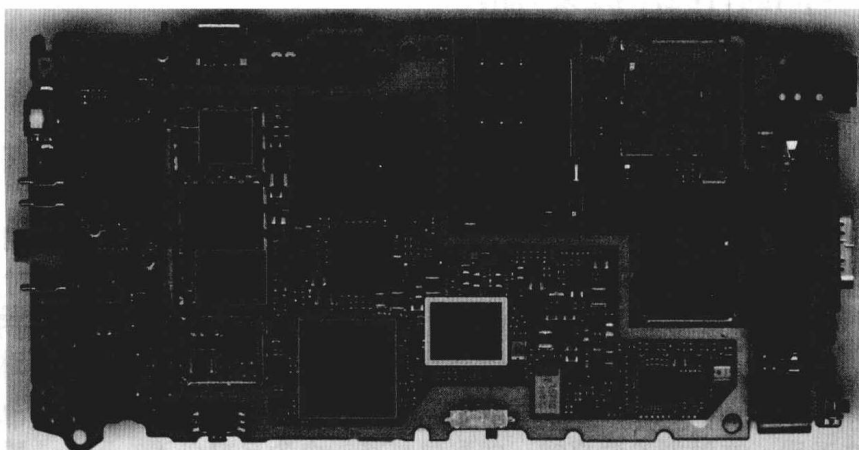


图 1-7 手机 PCB-A 的正面图

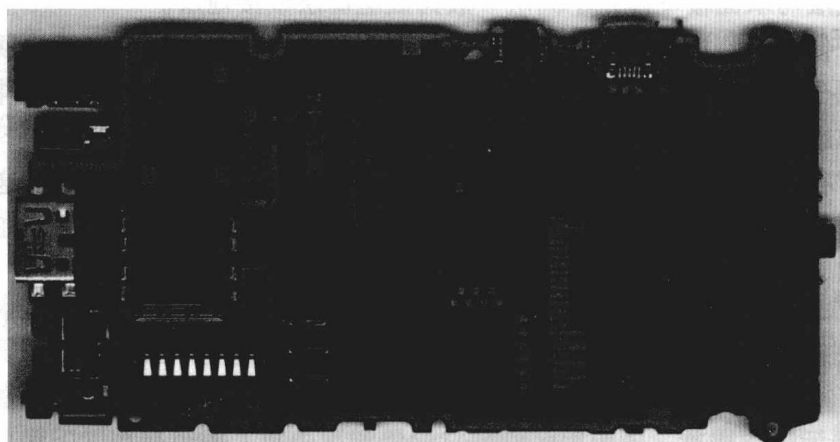


图 1-8 手机 PCB-A 的背面图

1.4 PCB 设计的基本概念

接下来介绍一些 PCB 设计的基础知识，如元件封装、导线等基本概念。

当前主流的电子产品都设计使用 6 层以上的 PCB 板，而且随着电子产品集成度的提高，PCB 的层数将继续增加。初学者不禁要问，为什么要设计这么多层？其实，最早的电子产品的 PCB 像收音机等只有两层，其中一层放置元器件，另一层走线。因为只有一层走线，所以称其为单层板。后来，元器件集成度增加了，元器件从两个、三个引脚向多引脚演变，在一层内布线难免出现线路交叉现

象,设计者想到了双层走线,PCB板之间增加了通孔,这样就解决了线路交叉问题。但是,随着手机、MP3等集成度更高的电子产品的出现,双层板又不能满足设计的需要,所以PCB板向多层演进,除了顶层和底层还增加了中间层。图1-9是某手机PCB的剖面图,它采用10层设计。

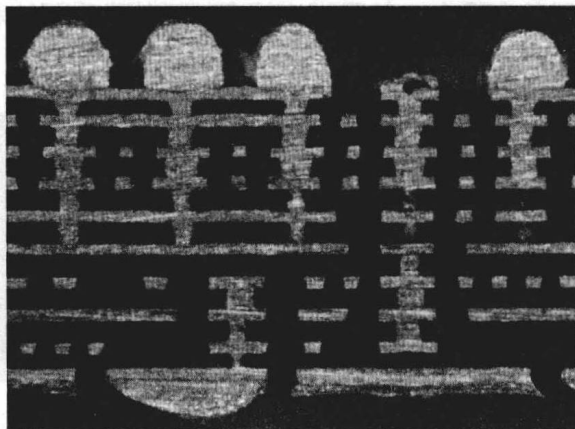


图1-9 某手机PCB剖面图

1.4.1 元件封装

所谓封装是指安装半导体集成电路芯片用的外壳,外壳内侧或外侧连接一些引脚,这些引脚又通过印制电路板上的导线与其他器件建立连接。芯片的封装技术已经历了好几代的变迁,从DIP、QFP、PGA、BGA到CSP再到MCM,技术指标一代比一代先进,包括芯片面积与封装面积之比越来越接近于1,器件体积越来越小,适用频率越来越高,耐高温性能越来越好,引脚数增多,引脚间距减少,重量减少,可靠性提高,使用更加方便等。下面将对具体的封装形式作详细说明。

1.4.1.1 元件封装的分类

按照元件安装方式,元件封装可以分为穿孔安装式封装和表面安装式封装两大类。

典型穿孔安装式封装元件外形及其PCB板上的焊接点如图1-10所示。穿孔安装式元件焊接时先将元件引脚插入焊盘通孔中,然后再焊锡。由于焊点导孔贯穿整个电路板,

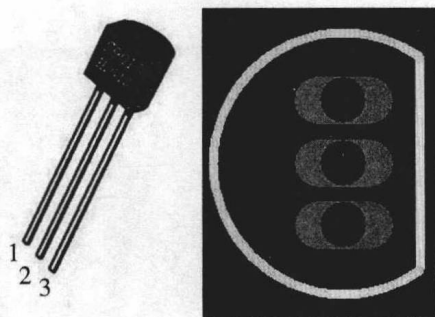


图1-10 穿孔安装式封装的元件外形及其PCB焊盘

所以其焊盘中心必须有通孔，焊盘至少占用两层电路板。通常采用穿孔安装的元件体积较大，利于散热，适用于较大功率的电路。

典型的表面安装式封装的元件外形及其 PCB 图如图 1-11 所示。此类封装的焊盘只限于表面板层，即顶层或底层。采用这种封装的元件的引脚占用板上的空间小，不影响其他层的布线。一般引脚比较多的元件常采用这种封装形式。但是这种封装的元件手工焊接难度相对较大，多用于机器生产。

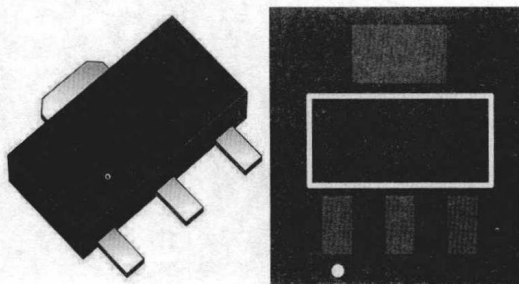


图 1-11 表面安装式封装的元件外形及其 PCB 焊盘

1.4.1.2 元件封装的编号

常见元件封装的编号，其编号原则为：元件封装类型 + 焊盘距离(焊盘数) + 元件外形尺寸。因此可以根据元件的编号来判断元件封装的规格。例如“RB7.6-15”表示极性电容类元件封装，引脚间距为 7.6mm，元件直径为 15mm。

1.4.2 其他概念

1.4.2.1 铜膜导线

铜膜导线是指在 PCB 板上的敷铜层经过蚀刻后形成的铜膜电流通路，又简称为导线，用于实现各个元件引脚间的电路连接，是印制电路板重要的组成部分，如图 1-12 所示。

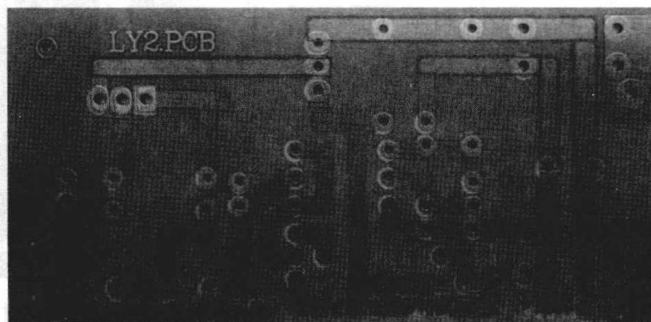


图 1-12 印制电路板的铜膜导线

1.4.2.2 焊盘

焊盘是在电路板上为固定元件引脚，并使元件引脚和导线导通而加工的具有固定形状的铜膜，形状一般有圆形、方形和八角形等三种，如图1-13所示。固定穿孔安装式元件的焊盘通常是圆形和方形的，表面粘着式元件常采用方形焊盘。

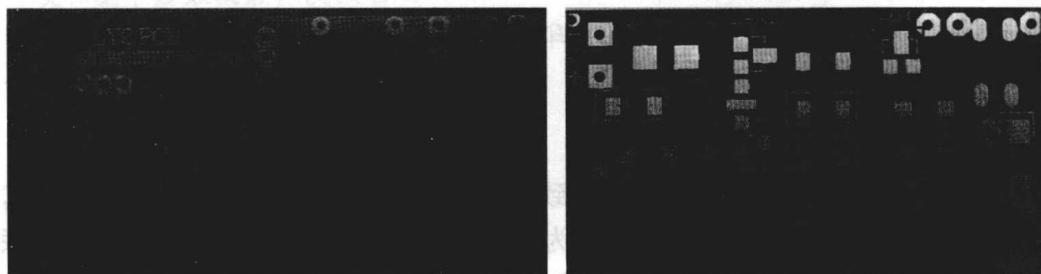


图1-13 印制电路板的焊盘

1.4.2.3 过孔

过孔存在于双层板和多层板中。过孔的作用是连接不同板层间的导线。根据连接板层不同，过孔分为三种，即从顶层到底层的穿透式过孔、从顶层通到内层或从内层通到底层的盲过孔以及内层间的屏蔽过孔，如图1-14所示。对于插件型元件，大部分焊盘和过孔是连接在一起的，焊盘是顶层或底层的金属部分，而过孔是穿透PCB的孔的部分。有的过孔内部会镀一层金属铜。

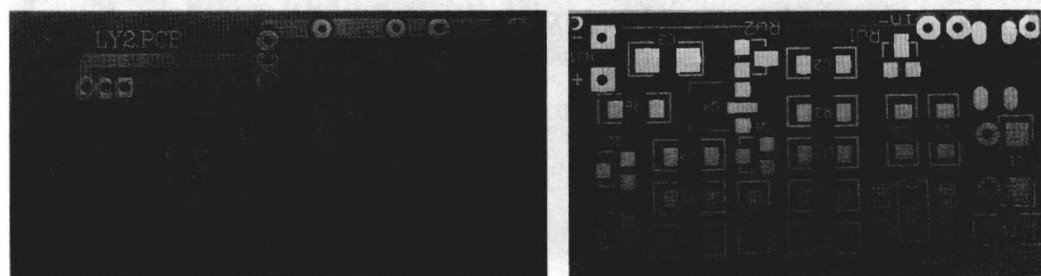


图1-14 印制电路板的过孔

1.4.2.4 丝印

为方便电路的安装和维修，在印制电路板上下两表面印上所需要的标志图案和文字代号等，例如元器件标号和标称值、元器件外轮廓形状和厂家标志、生产日期等。这称为丝印层，如图1-15所示。