

高速 PCB 的过孔设计

袁子建 吴志敏 高 举

(飞燕电子技术中心 北京 100072)

摘 要 :在高速 PCB 设计中 ,过孔设计是一个重要因素 ,它由孔、孔周围的焊盘区和 POWER 层隔离区组成 ,通常分为盲孔、埋孔和通孔三类。在 PCB 设计过程中通过对过孔的寄生电容和寄生电感分析 ,总结出高速 PCB 过孔设计中的一些注意事项。

关键词 :过孔 ;寄生电容 ;寄生电感 ;非穿导孔技术

中图分类号 :TN41 文献标识码 :A 文章编号 :1001 - 3474(2002)04 - 0158 - 02

Via Design of High Speed PCB

YUAN Zi - jian ,WU Zhi - min ,GAO Ju

(Feiyan Electronics Technology Center ,Beijing 100072 ,China)

Abstract :Vis design is an important factor in high speed design .It is composed of drill hole ,pad area around hole and power layer isolate area ,and is classified as blind via ,buried via and through via .Summarise some points for attention of PCB via design through analysis of parasite capacity and inductance .

key words :Via ;Parasite capacity ;Parasite inductance ;Blind and buried via technology

Document Code :A **Article ID :**1001 - 3474(2002)04 - 0158 - 02

目前高速 PCB 的设计在通信、计算机、图形图像处理等领域应用广泛 ,所有高科技附加值的电子产品设计都在追求低功耗、低电磁辐射、高可靠性、小型化、轻型化等特点 ,为了达到以上目标 ,在高速 PCB 设计中 ,过孔设计是一个重要因素。

1 过孔

过孔是多层 PCB 设计中的一个重要因素 ,一个过孔主要由三部分组成 ,一是孔 ;二是孔周围的焊盘区 ;三是 POWER 层隔离区。过孔的工艺过程是在过孔的孔壁圆柱面上用化学沉积的方法镀上一层金属 ,用以连通中间各层需要连通的铜箔 ,而过孔的上下两面做成普通的焊盘形状 ,可直接与上下两面的线路相通 ,也可不连。过孔可以起到电气连接 ,固定或定位器件的作用。过孔示意图如图 1 所示。

过孔一般又分为三类 :盲孔、埋孔和通孔。

盲孔 ,指位于印刷线路板的顶层和底层表面 ,具

有一定深度 ,用于表层线路和下面的内层线路的连接 ,孔的深度与孔径通常不超过一定的比率。

埋孔 ,指位于印刷线路板内层的连接孔 ,它不会延伸到线路板的表面。

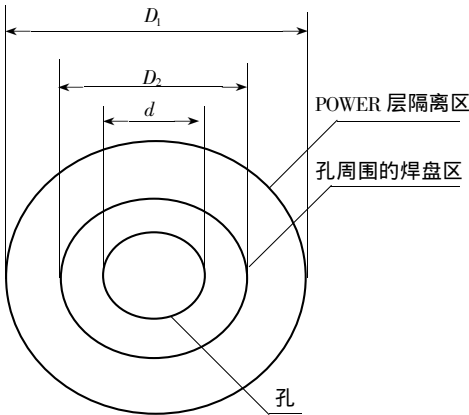


图 1 过孔示意图

盲孔与埋孔两类孔都位于线路板的内层,层压前利用通孔成型工艺完成,在过孔形成过程中可能还会重叠做好几个内层。

通孔,这种孔穿过整个线路板,可用于实现内部互连或作为元件的安装定位孔。由于通孔在工艺上更易于实现,成本较低,所以一般印制电路板均使用通孔。过孔的分类如图 2 所示。

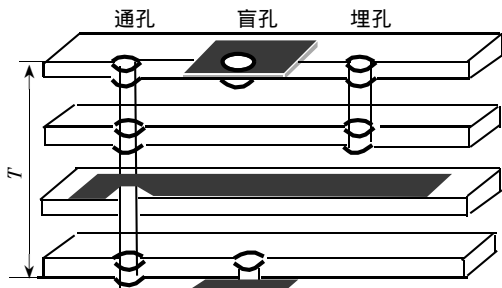


图 2 过孔的分类

2 过孔的寄生电容

过孔本身存在着对地的寄生电容,若过孔在铺地层上的隔离孔直径为 D_2 ,过孔焊盘的直径为 D_1 ,PCB 的厚度为 T ,板基材介电常数为 ϵ ,则过孔的寄生电容大小近似于:

$$C = 1.41\epsilon TD_1 / (D_2 - D_1)$$

过孔的寄生电容会给电路造成的主要影响是延长了信号的上升时间,降低了电路的速度,电容值越小则影响越小。

3 过孔的寄生电感

过孔本身就存在寄生电感,在高速数字电路的设计中,过孔的寄生电感带来的危害往往大于寄生电容的影响。过孔的寄生串联电感会削弱旁路电容的作用,减弱整个电源系统的滤波效用。若 L 指过孔的电感, h 是过孔的长度, d 是中心钻孔的直径,过孔的寄生电感近似于:

$$L = 5.08 h [\ln(4h/d) + 1]$$

从式中可以看出,过孔的直径对电感的影响较小,而对电感影响最大的是过孔的长度。

4 非贯穿孔技术

非贯穿孔包含盲孔和埋孔。

在非贯穿孔技术中,盲孔和埋孔的应用,可以极大地降低 PCB 的尺寸和质量,减少层数,提高电磁兼容性,增加电子产品特色,降低成本,同时也会使得设计工作更加简便快捷。在传统 PCB 设计和加工中,通孔会带来许多问题。首先它们占居大量的

有效空间,其次大量的通孔密集一处也对多层 PCB 内层走线造成巨大障碍,这些通孔占去走线所需的空間,它们密集地穿过电源与地线层的表面,还会破坏电源地线层的阻抗特性,使电源地线层失效。且常规的机械法钻孔将是采用非贯穿孔技术工作量的 20 倍。

在 PCB 设计中,虽然焊盘、过孔的尺寸已逐渐减小,但如果板层厚度不按比例下降,将会导致通孔的纵横比增大,通孔的纵横比增大会降低可靠性。随着先进的激光打孔技术、等离子干腐蚀技术的成熟,应用非贯穿的小盲孔和小埋孔成为可能,若这些非贯穿孔的孔直径为 0.3 mm,所带来的寄生参数是原先常规孔的 1/10 左右,提高了 PCB 的可靠性。

由于采用非贯穿孔技术,使得 PCB 上大的过孔会很少,因而可以为走线提供更多的空间。剩余空间可以用作大面积屏蔽用途,以改进 EMI/RFI 性能。同时更多的剩余空间还可以用于内层对器件和关键网线进行部分屏蔽,使其具有最佳电气性能。采用非贯穿孔,可以更方便地进行器件引脚扇出,使得高密度引脚器件(如 BGA 封装器件)很容易布线,缩短连线长度,满足高速电路时序要求。

5 普通 PCB 中的过孔选择

在普通 PCB 设计中,过孔的寄生电容和寄生电感对 PCB 设计的影响较小,对 1~4 层 PCB 设计,一般选用 0.36 mm/0.61 mm/1.02 mm(钻孔/焊盘/POWER 隔离区)的过孔较好,一些特殊要求的信号线(如电源线、地线、时钟线等)可选用 0.41 mm/0.81 mm/1.32 mm 的过孔,也可根据实际选用其余尺寸的过孔。

6 高速 PCB 中的过孔设计

通过上面对过孔寄生特性的分析,我们可以看到,在高速 PCB 设计中,看似简单的过孔往往也会给电路的设计带来很大的负面效应。为了减小过孔的寄生效应带来的不利影响,在设计中可以尽量做到:

(1) 选择合理的过孔尺寸。对于多层一般密度的 PCB 设计来说,选用 0.25 mm/0.51 mm/0.91 mm(钻孔/焊盘/POWER 隔离区)的过孔较好;对于一些高密度的 PCB 也可以使用 0.20 mm/0.46 mm/0.86 mm 的过孔,也可以尝试非贯穿孔;对于电源或地线的过孔则可以考虑使用较大尺寸,以减小阻抗;

(2) POWER 隔离区越大越好,(下转第 163 页)

体,这个过程分为两个阶段的塌落。第一个阶段的塌落是 PCB 上的焊膏先熔化,元件塌落下来,第二个阶段是元件本身的焊料球也熔化并与 PCB 上的熔化的焊膏融为一体,焊料球再次塌落,形成一个扁圆形的焊点。

要形成完美的焊点,应注意以下几个方面:

(1) 使用新鲜的焊膏,保证焊膏搅拌均匀,焊膏涂覆的位置准确,元件放置的位置准确;

(2) 对于塑料封装的 PBGA 要在焊接前以 100°C 烘干 $6\sim 8\text{ h}$,有氮气保护更好;

(3) 回流温度曲线是一个非常重要的因素。在焊接过程中,要保证焊接曲线过渡自然,使器件均匀受热,尤其在焊接区,要保证所有焊点充分熔化。否则将会由于温度不够形成冷焊点,焊点表面粗糙,或第二次塌落阶段没有充分熔化,PCB 表面的焊膏与元件本身的焊料中间出现裂纹,造成虚焊或开焊;

(4) 涂覆的焊膏量必须适当,焊膏的粘度应起到对器件暂时固定的作用,还要保证在焊料熔化的焊接过程中不连焊。通常制作 BGA 模板时,BGA 焊点的开孔尺寸通常为焊盘尺寸的 $70\%\sim 80\%$,模板厚度通常为 0.15 mm ;

(5) 设计 PCB 上 BGA 的焊盘时一定要将所有焊点的焊盘设计成一样大,如果某些过孔必须设计到焊盘下面,应找合适的 PCB 制造厂,且不能因为钻不了那么小的过孔,就擅自将焊盘改大,这样的话焊接后大焊盘和小焊盘上的焊料量不一样多,高度也不一致,造成虚焊或开路;

(6) 此外,还要强调一点是关于 PCB 制作时的阻焊膜问题。由于阻焊膜不合格造成的焊接失败已经很多了,所以在焊接 BGA 之前要先检查焊盘周围的阻焊膜是否合格,焊接面焊盘周围的过孔也一定要涂覆阻焊膜。如果制作时把阻焊膜加到了 PCB 的另一面就没用了。加阻焊膜的目的是为了在焊接时空气从下面进来形成空洞,同时也可以避免焊料从通孔中流出。如果在印刷焊膏时不得已返工的话,也不会有多余的焊料进入过孔。通常情况下,过孔中有多余的焊料并不影响焊接质量,因为过孔本身就是电镀孔,但如果焊料太多或产生拉尖、焊料球之类的问题,就会留下短路的隐患,有人称其为“虚短”。当调试时加电一段时间后芯片开始发热,就可能是焊接的“虚短”缺陷。

返修 BGA 是迫不得已的办法,虽然有可能修复一片焊接失败的 BGA 芯片,但修复一片 BGA 要费较长的时间,还必须有合适的焊料球和能够精确对位的返修工具。植球的方法已经有不少论文在介绍了,但实际操作时植球的成功率通常不是很高。有时为了返修一片 BGA 要花费至少半天的时间,由此造成的资源浪费是显而易见的。即使修复好了再焊接上去,这个芯片已经承受了至少 4 次的回流周期,这肯定会影响焊接的可靠性,比如会加速疲劳和蠕变失效。总之,在焊接 BGA 之前做好充分的准备,完全有可能实现高的一次通过率。

尽量减少或消除缺陷,不返修,这才是我们所追求的目标。

参考文献:

- [1] Doeter Bergman. Roadmap to BGA standard[J]. SMT, 2000, 10.
- [2] Fred Schlieper. Integration of X-ray inspection and rework improves SMT yield[J]. SMT, 2001, 5.

收稿日期 2002-02-28

(上接第 159 页)考虑 PCB 上的过孔密度,一般为 $D_1 = D_2 + 0.41\text{ mm}$;

(3) PCB 上的信号走线尽量不换层,也就是说尽量减少过孔;

(4) 使用较薄的 PCB 有利于减小过孔的两种寄生参数;

(5) 电源和地的管脚要就近做过孔,过孔和管脚之间的引线越短越好,因为它们会导致电感的增加。同时电源和地的引线要尽可能粗,以减少阻抗;

(6) 在信号换层的过孔附近放置一些接地过孔,以便为信号提供短距离回路。

当然,在设计时还需具体问题具体分析。从成本和信号质量两方面综合考虑,在高速 PCB 设计时,设计者总是希望过孔越小越好,这样板上可以留有更多的布线空间,此外,过孔越小,其自身的寄生电容也越小,更适合用于高速电路。在高密度 PCB 设计中,采用非穿导孔以及过孔尺寸的减小同时带来了成本的增加,而且过孔的尺寸不可能无限制地减小,它受到 PCB 厂家钻孔和电镀等工艺技术的限制,在高速 PCB 的过孔设计中应给以均衡考虑。

收稿日期 2002-03-25