

引言

随着可编程器件 (PLD) 密度和 I/O 引脚数量的增加, 对小封装和各种封装形式的需求在不断增长。球栅阵列 (BGA) 封装在器件内部进行 I/O 互联, 提高了引脚数量和电路板面积比, 是比较理想的封装方案。在相同面积上, 典型的 BGA 封装互联数量是四方扁平 (QFP) 封装的两倍。而且, BGA 焊球要比 QFP 引线强度高的多, 可靠的封装能够承受更强的冲击。

Altera 为高密度 PLD 用户开发了高密度 BGA 解决方案。这种新的封装形式占用的电路板面积不到标准 BGA 封装的一半。

本应用笔记旨在帮助您完成 Altera 高密度 BGA 封装的印刷电路板 (PCB) 设计, 并讨论:

- BGA 封装简介
- PCB 布板术语
- 高密度 BGA 封装 PCB 布板

BGA 封装简介

在 BGA 封装中, I/O 互联位于器件内部。基片底部焊球矩阵替代了封装四周的引线。最终器件直接焊接在 PCB 上, 采用的装配工艺实际上与系统设计人员习惯使用的标准表面贴技术相同。

另外, BGA 封装还具有以下优势:

- **引脚不容易受到损伤**——BGA 引脚是结实的焊球, 在操作过程中不容易受到损伤。
- **单位面积上引脚数量更多**——焊球更靠近封装边缘, 倒装焊 BGA 引脚间距减小到 1.0mm, micro-BGA 封装减小到 0.8mm, 从而增加了引脚数量。
- **更低廉的表面贴设备**——在装配过程中, BGA 封装能够承受微小的器件错位, 可以采用价格较低的表面贴设备。器件之所以能够微小错位, 是因为 BGA 封装在焊接回流过程中可以自对齐。
- **更小的触点**——BGA 封装一般要比 QFP 封装小 20% 到 50%, 更适用于要求高性能和小触点的应用。
- **集成电路速率优势**——BGA 封装在其结构中采用了地平面、地环路和电源环路, 能够在微波频率范围内很好的工作, 具有较好的电气性能。

- **提高了散热性能**——管芯位于 BGA 封装的中心，大部分 GND 和 VCC 引脚位于封装中心，因此 GND 和 VCC 引脚在管芯下面。结果，器件产生的热量通过 GND 和 VCC 引脚散到周围环境中去（GND 和 VCC 引脚可以用作热沉）。

PCB 布板术语

本节介绍 PCB 布板中的常用术语，您在设计 Altera 高密度 BGA 时需要了解这些术语。

跳出布线

跳出布线是将信号从封装中引至 PCB 上另一单元的方法。

多层 PCB

采用 BGA 封装之后，I/O 数量增多，使得多层 PCB 成为跳出布线的业界标准方法。信号可以通过各 PCB 层引至 PCB 上的其他单元。

过孔

过孔也称为镀通孔，它在多层 PCB 上将信号由一层传输到另一层。过孔是多层 PCB 上钻出的孔，提供各 PCB 层之间的电气连接。所有过孔只提供层与层之间的连接。器件引脚或者其他加固材料不能插到过孔中。

表 1 列出了定义过孔尺寸的术语。

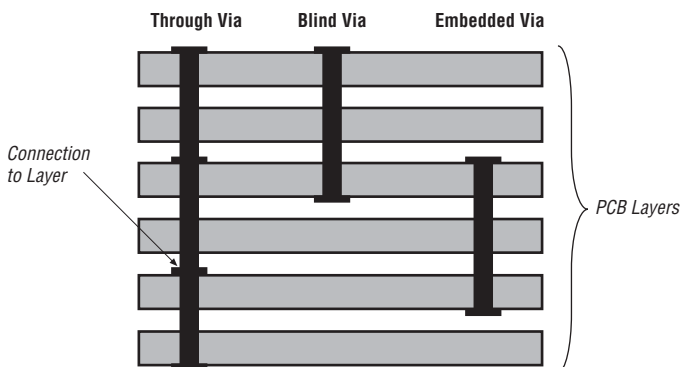
表 1. 过孔尺寸术语	
术语	定义
纵横比	过孔长度或者深度与其电镀之前直径之比
钻孔直径	板上实际钻孔的最终直径
最终过孔直径	过孔经过电镀后的最终直径

表 2 所示为 PCB 上常用的三类过孔。

表 2. 过孔类型	
类型	说明
贯通孔	PCB 顶层和底层之间的连接孔。这种孔也提供内部 PCB 层的互联。
盲孔	PCB 顶层或者底层到内部 PCB 层的互联。
埋孔	内部 PCB 层之间的互联。

图 1 所示为三种类型的过孔。

图 1. 过孔类型



盲孔和贯通孔要比埋孔应用的更广泛一些。盲孔成本要高于贯通孔，但是当信号在盲孔下走线时，可以采用更少的 PCB 板层，因此其总成本还是降低了。而另一方面，贯通孔不允许信号通过低层，从而增加了 PCB 板层数量，提高了总成本。

过孔焊盘

过孔通过其周围的焊盘与 PCB 板层实现电气连接。

表面焊盘

表面焊盘是 BGA 焊球与 PCB 接触的部分。这些焊盘的大小影响过孔和跳出布线的可用空间。一般而言，以下两种基本设计可采用表面焊盘：

- 非阻焊层限定 (NSMD)，也称为铜限定。
- 阻焊层限定 (SMD)

这两种表面焊盘的主要区别是走线和间隙大小、能够使用的过孔类型以及回流焊之后焊球的形状等。

非阻焊层限定焊盘

对于 NSMD 焊盘，焊层开口要比铜焊盘的大。因此，表面焊盘的铜表面完全裸露，与 BGA 焊球接触的面积更大（参见图 2）。



Altera 建议在大多数情况下使用 NSMD 焊盘，因为这种方式更灵活，产生的应力点更少，焊盘之间的走线空间更大。

阻焊层限定焊盘

对于 SMD 焊盘，焊层与表面焊盘铜表面部分重叠（参见第 4 页上的图 2）。这种重叠使铜焊盘和 PCB 环氧树脂 / 玻璃层之间结合的更紧密，能够承受更大的弯曲，经受更严格的加热循环测试。但是，焊层重叠减少了 BGA 焊球与铜表面接触的面积。

图 2. NSMD 和 SMD 接触焊盘侧视图

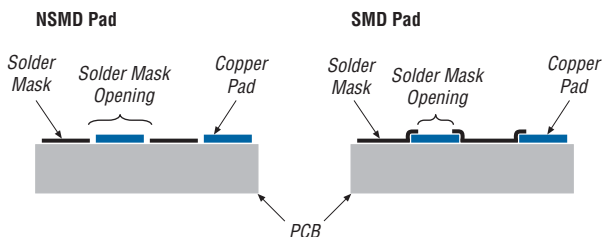
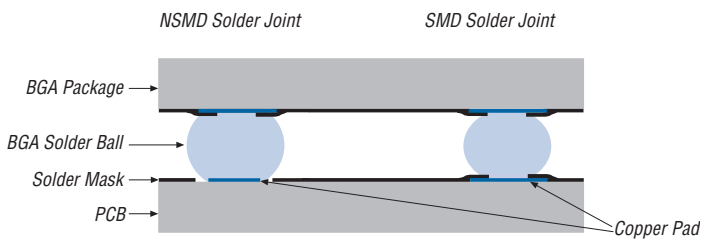


图 3 所示为 NSMD 和 SMD 焊点的侧视图。

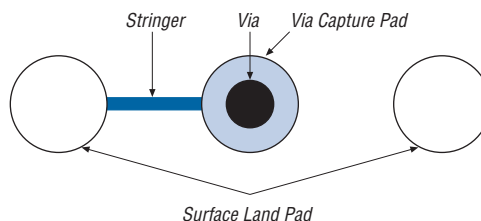
图 3. NSMD 和 SMD 焊点侧视图



穿线

穿线是过孔焊盘和表面焊盘之间电气直连部分。图 4 所示为过孔、过孔焊盘、表面焊盘和穿线之间的连接关系。

图 4. 过孔、表面焊盘、穿线和过孔焊盘



高密度 BGA 封装的 PCB 布板

在设计高密度 BGA 封装 PCB 时，应考虑以下因素：

- 表面焊盘尺寸
- 过孔焊盘布板和尺寸
- 信号线间隙和走线宽度
- PCB 层数



高密度 BGA 外形控制尺寸以毫米进行计算。

表面焊盘尺寸

Altera 进行了大量的建模仿真和试验研究，确定 PCB 上的最佳接触焊盘设计，以延长焊接点使用寿命。这些研究结果表明，焊接点应力均衡的焊盘设计具有最好的焊点可靠性。由于 BGA 焊盘是阻焊层限定，如果 PCB 上采用了 SMD 焊盘，表面焊盘大小应该与 BGA 焊盘一样，这样才能在焊点上实现应力均衡。如果 PCB 上采用了非阻焊层限定焊盘，表面焊盘应大约比 BGA 焊盘小 15%，以达到焊点的应力均衡。

第 6 页上的表 3 列出了 SMD 和 NSMD 焊盘的建议尺寸。高密度板布板应使用 NSMD 焊盘，这是因为采用较小的焊盘尺寸后，过孔和走线之间的间隙会更大一些。例如，第 7 页上的图 6 显示 1.00mm 倒装焊 BGA 使用 NSMD 接触焊盘时，过孔和跳出布线之间的间隙。

图 5. BGA 焊盘尺寸

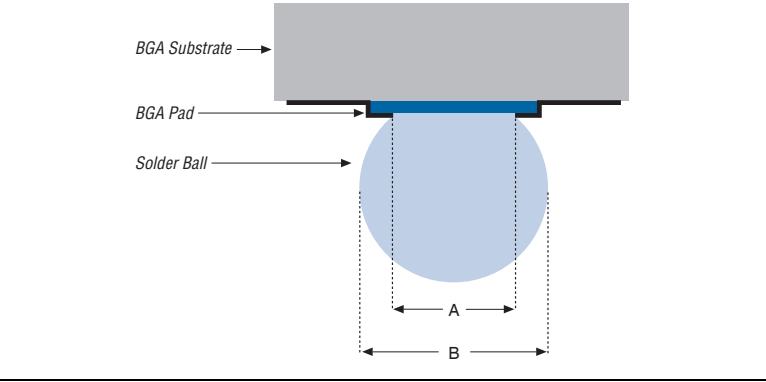


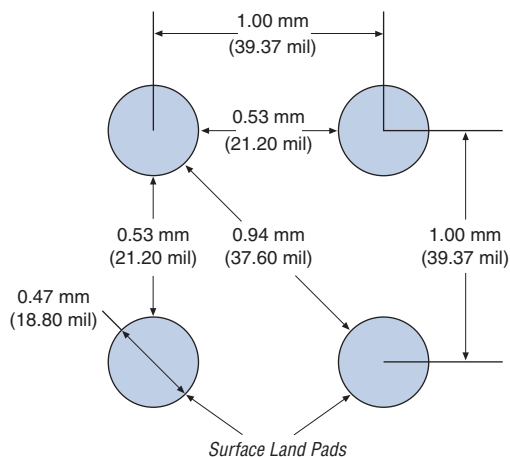
表 3 列出了 SMD 和 NSMD 接触焊盘的建议尺寸。

表 3. SMD 和 NSMD 焊盘的建议焊盘尺寸				
BGA 焊盘间距	BGA 焊盘开口 (A) (mm)	焊球直径 (B) (mm)	建议的 SMD 焊盘大小 (mm)	建议的 NSMD 焊盘大小 (mm)
1.27 mm (塑料球栅阵列 (PBGA))	0.60	0.75	0.60	0.51
1.27 mm (超球栅阵列 (SBGA))	0.60	0.75	0.60	0.51
1.27 mm (带状球栅阵列 (TBGA))	0.60	0.75	0.60	0.51
1.27 mm (倒装焊) (1)	0.65	0.75	0.65	0.55
1.00 mm (线合) (1)	0.45	0.63	0.45	0.38
1.00 mm (倒装焊) (1)	0.55	0.63	0.55	0.47
1.00 mm (倒装焊) (1) APEX 20KE	0.60	0.65	0.60	0.51
0.80 mm UBGA (BT 基底)	0.4	0.55	0.4	0.34
0.80 mm UBGA (EPC16U88)	0.4	0.45	0.4	0.34
0.50 mm MBGA	0.3	0.3	0.27	0.26

表 3 的注释：

- (1) Altera 器件封装信息数据手册“Thermally Enhanced FineLine BGA”一节介绍了使用倒装焊技术的 FineLine BGA 封装，“Non-Thermally Enhanced FineLine BGA”一节介绍了线合封装技术。

图 6. 1.00mm 倒装焊 BGA NSMD 焊盘的过孔和布线间隙



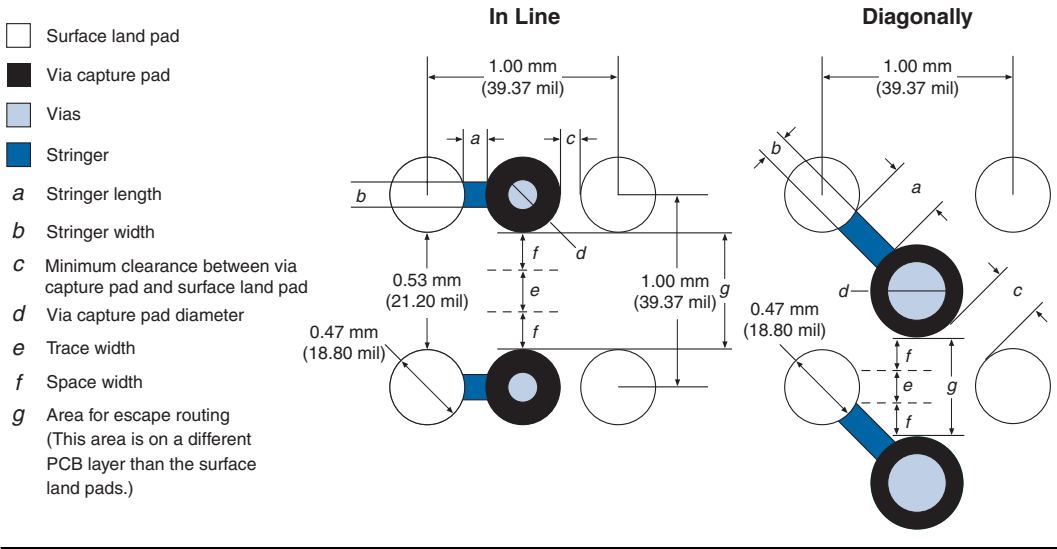
过孔焊盘布局和尺寸

过孔焊盘的尺寸和布局会影响跳出布线间隙。总体而言，可以采用以下两种方式安排过孔焊盘：

- 与表面焊盘平行
- 或者
- 与表面焊盘成对角关系。

图 7 显示了 1.00mm 倒装焊 BGA NSMD 焊盘的两两种布局方式。

图 7. 1.00mm 倒装焊 BGA NSMD 焊盘的过孔焊盘布局



之所以将过孔焊盘和表面焊盘平行或者对角放置是基于以下考虑：

- 过孔焊盘的尺寸
- 穿线长度
- 过孔焊盘和表面焊盘之间的间隙

可以利用图 7 和表 4 列出的信息来帮助进行 PCB 布板。如果您的 PCB 设计指南不符合表 4 中列出的方程，请联系 Altera 应用工程师，获得更多的帮助。

表 4. 1.00mm 倒装焊 BGA NSMD 焊盘过孔布板公式	
布板	公式
平行	$a + c + d \leq 0.53 \text{ mm}$
对角	$a + c + d \leq 0.94 \text{ mm}$

表 4 说明对于表面焊盘，对角放置要比平行放置能够采用更大的过孔焊盘。

过孔焊盘大小还会影响 PCB 上的走线数量。图 8 显示了典型的和最佳过孔焊盘布局。典型布局的过孔焊盘尺寸为 0.66mm，过孔尺寸为 0.254mm，内部间隙和走线为 0.102mm。采用这种布局，过孔之间只能安排一条走线。如果需要更多的走线，必须减小过孔焊盘尺寸或者缩小走线尺寸以及走线间隙。

最佳布局的过孔焊盘尺寸为 0.508mm，焊盘尺寸为 0.203mm，内部间隙和走线为 0.076mm。这种布局在过孔两条走线之间留有足够的间隙。

图 8. 1.00mm 倒装焊 BGA 的典型和最佳过孔焊盘尺寸

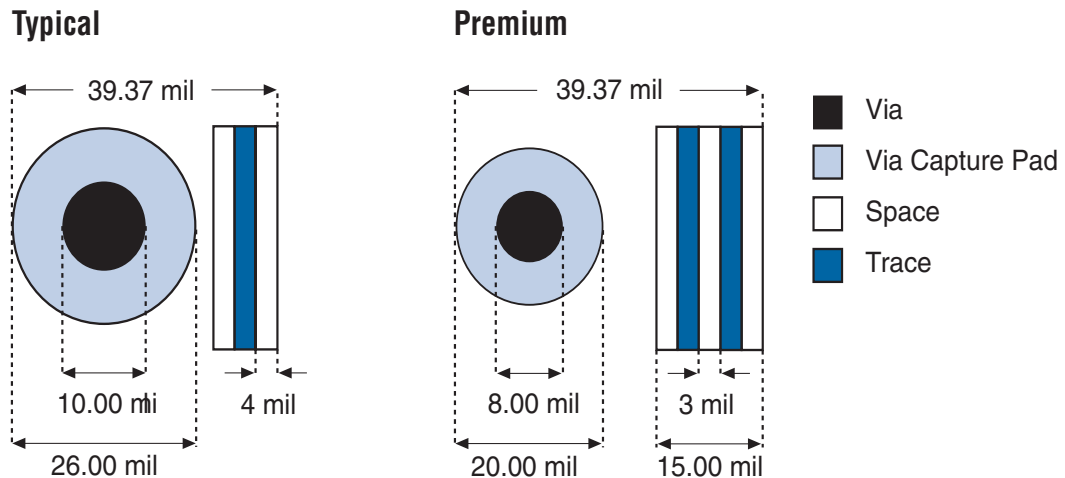


表 5 列出了大部分 PCB 供应商采用的典型和最佳布局规格。

表 5. PCB 供应商规格			
规格	典型 (mm)	最佳 (mm) PCB 厚度 > 1.5 mm	最佳 (mm) PCB 厚度 ≤ 1.5 mm
走线和间隙宽度	0.1/0.1	0.076/0.076	0.076/0.076
钻孔直径	0.305	0.254	0.15
最终完成的过孔直径	0.254	0.203	0.1
过孔焊盘	0.66	0.508	0.275
纵横比	7:1	10:1	10:1



关于钻孔尺寸、过孔尺寸、间隙和走线尺寸以及过孔焊盘尺寸的详细信息，请直接联系您的 PCB 供应商。

信号线间隙和走线宽度

是否能够进行跳出布线取决于走线宽度以及走线之间的最小距离。信号布线的最小区域是使信号能够通过的最小区域（即两个过孔之间的距离，图 9 中的 g ）。采用下式计算这一区域：

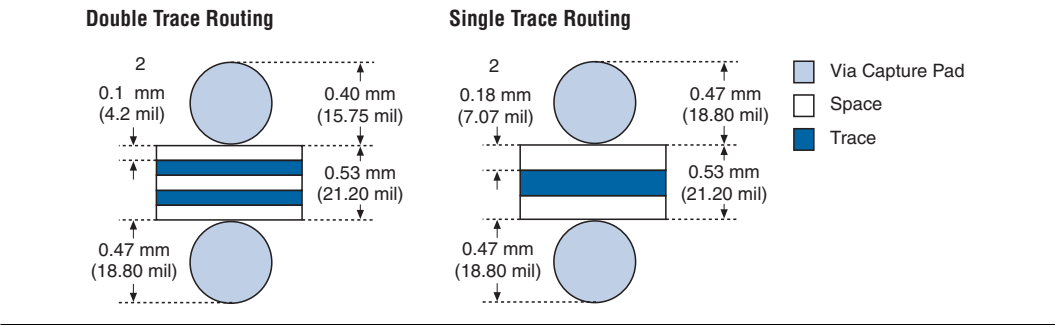
$g = (\text{BGA 间距}) - d$

能够穿过这一区域的走线数量基于允许的走线和间隙宽度。可以使用表 6 来确定能够通过 g 的走线总数量。

表 6. 走线数量	
走线数量	公式
1	$g \geq [2 \times (\text{间隙宽度})] + \text{走线宽度}$
2	$g \geq [3 \times (\text{间隙宽度})] + [2 \times (\text{走线宽度})]$
3	$g \geq [5 \times (\text{间隙宽度})] + [3 \times (\text{走线宽度})]$

图 9 显示，通过减小走线和间隙尺寸，可以在 g 上布更多的走线。增加走线数量可以减少 PCB 层数，降低总成本。

图 9. 1.00mm 倒装焊 BGA 双线和单线跳出布线



PCB 层数

总体上，信号走线所需的 PCB 层数与过孔之间的走线数量成反比（即走线越多，需要的 PCB 层数就越少）。可以先确定以下参数来估算 PCB 需要的层数：

- 走线和间隙尺寸
- 过孔焊盘之间的走线数量

■ 采用的焊盘类型

使用较少的 I/O 引脚可以减少板层数量。所选择的过孔类型也有助于减少板层数量。可以参考图 10 的布板例子，了解过孔类型是怎样影响 PCB 层数的。

图 10. 1.00mm 倒装焊 BGA 的 PCB 布板实例

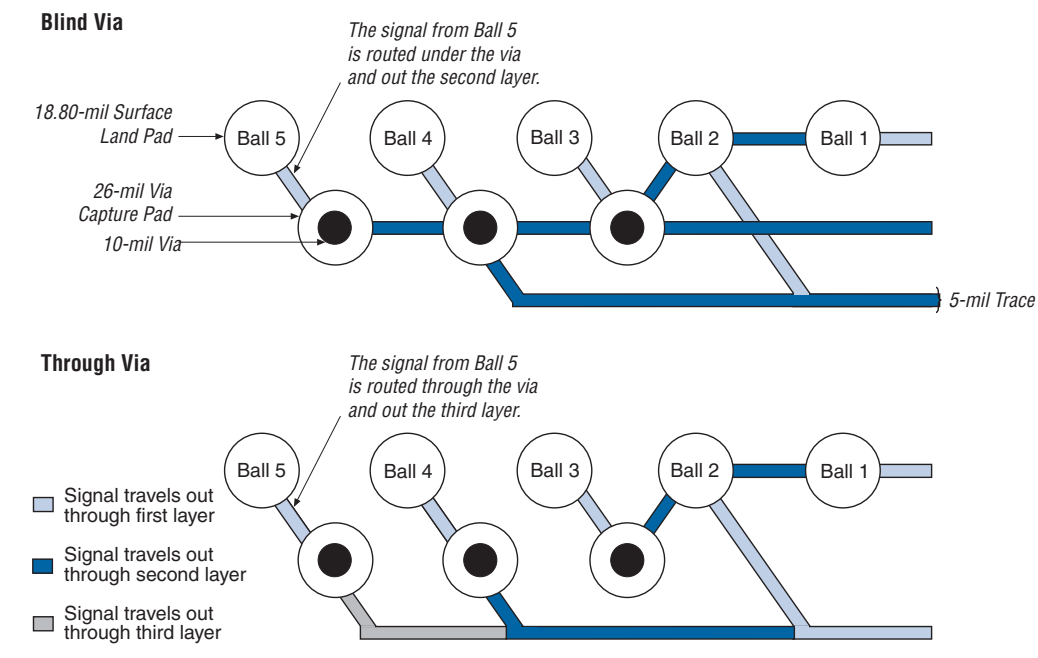


图 10 中的盲孔布板只需要两层 PCB。来自前两个焊球的信号直接穿过第一层。第三个和第四个焊球的信号可以通过过孔到达第二层，第五个焊球的信号通过第三和第四个焊球过孔下面达到第二层。因此，只需要两层 PCB 即可。

作为对比，图 10 中贯通孔需要三层 PCB，这是因为信号不能在贯通孔下面通过。第三和第四焊球的信号仍然可以通过过孔，到达第二层，但是第五个焊球的信号必须通过一个过孔达到第三层。在这一例子中使用盲孔而不是贯通孔节省了一层 PCB。

2006 年，Altera 在 MAX II 器件系列中引入了 0.5mm 间距的 Micro FineLine BGA® (MBGA) 封装。这种封装方式适合便携式应用，以及对电路板空间和功耗要求较高的应用场合。其引脚布局和引脚分配经过设计，采用贯通孔，在两层中可以实现焊盘信号布线。图 11 和 12 分别显示了 100

引脚和 256 引脚 MBGA 实现的两层布板实例。这种布板方式适用于 PCB 厚度小于等于 1.5mm 的情况。对于 PCB 厚度大于 1.5mm 的情况，跳出布线更适合采用盲孔。

图 11. 0.5mm 100 引脚 MBGA 的两层 PCB 布板方案实例

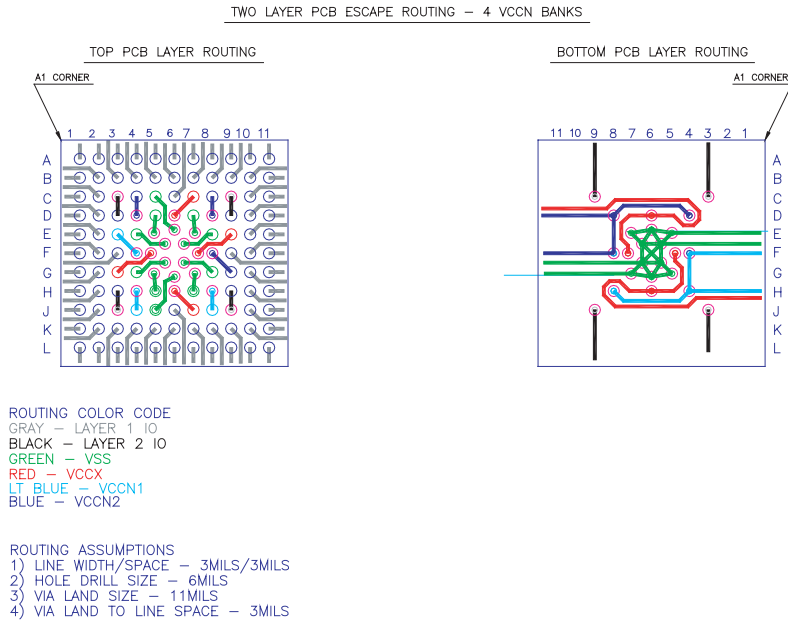
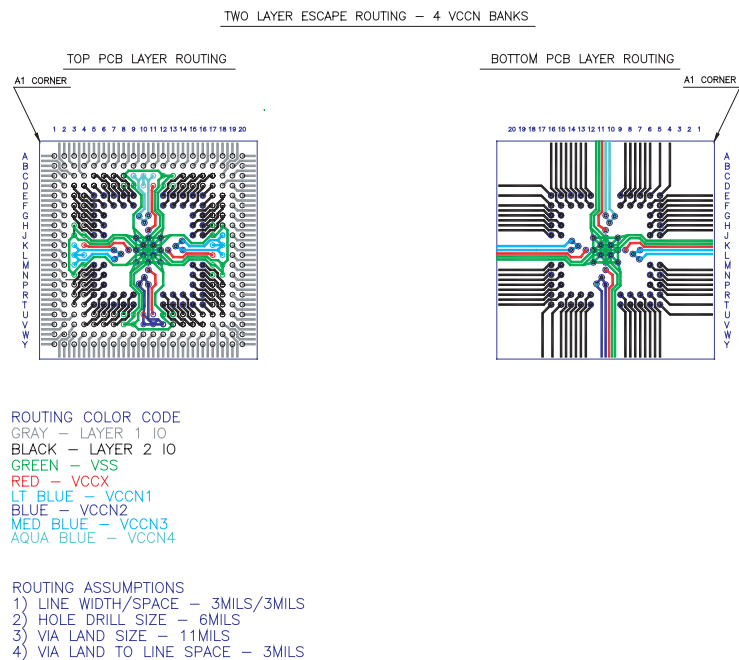


图 12. 0.5mm 256 引脚 MBGA 的两层 PCB 布板方案实例



结论

引入高密度 BGA 封装之后，Altera 在 PLD 封装方面一直处于领先地位。这些封装方案缩小了 PCB 面积，同时减少了引脚数量。本应用笔记提供的信息帮助您使用高密度 BGA 封装，利用其较小的尺寸轻松实现 PCB 设计。

参考

Yuan Li, Anil Pannikkat, Larry Anderson, Tarun Verma, Bruce Euzent, *Building Reliability Into Full-Array BGA's*, 26th IEMT Symposium, PackCon 2000.

版本历史

5.0 版

AN 114: Altera 器件高密度 BGA 封装设计 5.0 版中的信息取代了以前版本中的信息。

- 更新了表 3，包括了 0.5mm MBGA 焊盘建议。
- 更新了表 5，以反应当前的 PCB 供应商情况。
- 增加了第 10 页“PCB 层数”一节的 MBGA 更新。
- 增加了图 11 和 12。

4.0 版

AN 114: Altera 器件高密度 BGA 封装设计 4.0 版中的信息取代了以前版本中的信息。

- 文档名称由 *APEX, FLEX, ACEX, MAX 7000 & MAX 3000 器件 FineLine BGA 封装设计* 改为 *Altera 器件高密度 BGA 封装设计*。



101 Innovation Drive
San Jose, CA 95134
(408) 544-7000
www.altera.com
Applications Hotline:
(800) 800-EPLD
Literature Services:
literature@altera.com

版权 ©。2006 Altera 公司。保留所有版权。Altera, The Programmable Solutions Company (可编程解决方案公司), stylized Altera logo (程式化 Altera 标识), specific device designations (专用器件名称) 和所有其他专有商标或者服务标记, 除非特别声明, 均为 Altera 公司在美国和其他国家的商标和服务标记, 可在一定司法权下注册。所有其他产品或者服务名称的所有权属于其各自持有人。Altera 产品受美国和其他国家多种专利、未决应用、模板著作权和版权的保护。Altera 保证当前规范下的半导体产品性能与 Altera 标准质保一致, 但是保留对产品和服务在没有事先通知时的升级变更权利。除非与 Altera 公司的书面条款完全一致, 否则 Altera 不承担由此处所述信息、产品或者服务导致的责任。Altera 建议客户在决定购买产品或者服务, 以及确信任何公开信息之前, 阅读 Altera 最新版的器件规范说明。

