



XAPP251 (v1.2) 2006 年 5 月 30 日

Virtex-II 和 Virtex-II Pro 器件的热插拔

作者：Austin Lesea 和 Peter Alfke

提要

热插拔是指把未上电的板插到已上电（热）运行系统上的一种具有潜在风险的方法。此种操作须注意以下几点：插拔不能对系统或被插入板造成物理损坏或永久性破坏，而且不能引起数据丢失或任何瞬时系统混乱。本应用指南从物理方面说明了使用有序接插件将基于 Virtex™-II 或 Virtex-II Pro 的板卡插入系统或系统背板的操作。采用这种方式，在任何信号引脚接触前，VCC 与 GND（地线）可先行良好接触。**热插入**部分还介绍了使用普通无序接插件的风险。此应用指南中未涉及诸如探测卡存在与否或系统对板卡的接纳程度等系统问题。

简介

由于电连接的发生顺序可能无法预知，向正在运行的（“热”）系统中插入板卡可能产生很多问题。使用专用的有序接插件时，由于其触点设置可确保在任何信号引脚接触前，VCC 与地线先行接触，因而可以避免大多数的问题。然而，插入板上的 VCC 配电通常会包含具有明显延迟的稳压器。这一延迟可能会大于插入时间，使交错接插件引脚失去意义。

Virtex-II 和 Virtex-II Pro 架构中的传统 CMOS 输出结构（如图 1 所示）在每个引脚上整合了两个强二极管，一个接 GND，一个接 VCC。而 Virtex 和 Virtex-E 系列具有非传统的输出结构，采用了独立的 p-沟道上拉晶体管和可将正向输入过冲释放到地线而不是 VCC 的非标准双极 /SCR 保护二极管设置。尽管前述结构可简化热插入解决方案，但其中也使用了非标准的处理方法，因此未使用于 Virtex-II 或 Virtex-II Pro 系列。Virtex-II 和 Virtex-II Pro I/O 结构支持 LVDS 差分接收器和驱动器、HSTL 四级接收器和驱动器，以及所有单端接收器和驱动器的数控阻抗 (XCITETM) 功能。

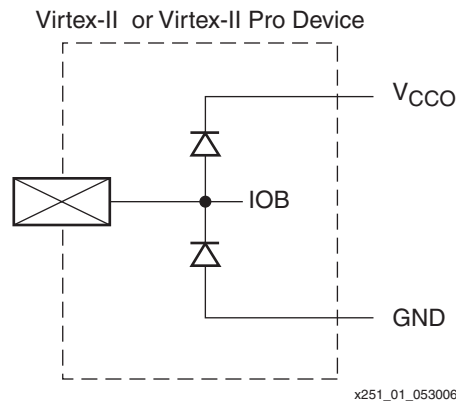


图 1: 冷卡插入

理想情况下，在任何信号引脚接触前，地线和 VCC 引脚会先行接触，并由背板上的 VCC 配电为所有正极供电引脚供电。

当板上 VCC 配电速度较慢，信号引脚在供电电压完全加载前接触时，任何有效高信号引脚都可以通过二极管向 VCC 引脚供电。这可能会导致驱动方的信号损失。一种可行的解决方案是使用被动网络代替板上 VCC 配电（如图 2 所示）。这样可确保 FPGA 的 I/O 在任意信号引脚接触前先获得供电。

© 2001–2006 Xilinx, Inc. All rights reserved. All Xilinx trademarks, registered trademarks, patents, and further disclaimers are as listed at <http://www.xilinx.com/legal.htm>. PowerPC is a trademark of IBM Inc. All other trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. All specifications are subject to change without notice.

NOTICE OF DISCLAIMER: Xilinx is providing this design, code, or information "as is." By providing the design, code, or information as one possible implementation of this feature, application, or standard, Xilinx makes no representation that this implementation is free from any claims of infringement. You are responsible for obtaining any rights you may require for your implementation. Xilinx expressly disclaims any warranty whatsoever with respect to the adequacy of the implementation, including but not limited to any warranties or representations that this implementation is free from claims of infringement and any implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose.

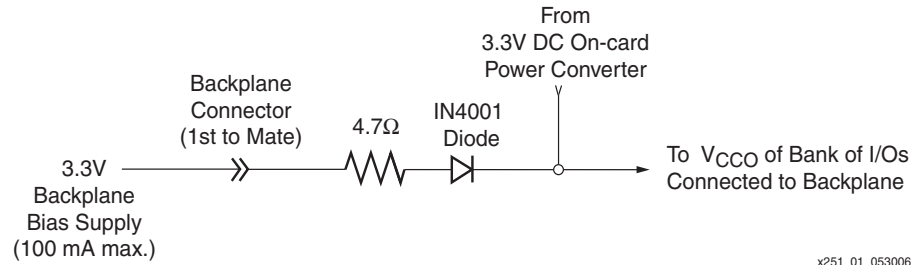


图 2: 小偏压电源示例

当信号引脚与背板接触时，板卡之间共享信号的电平可能会受到影响。此时必须考虑 PCB 布线电容、管壳电容和器件 I/O 电容间的瞬时电荷转移。例如，此总电容为 50 pF，信号值为 “1” 卡的插入可能会导致信号失灵，变为 “0” 状态。此时应进行仿真实验以评估这一影响，并应采用适当的协议以防止由于信号失灵而导致错误数据被传播。

瞬时强大电流对背板的破坏可能造成触点电弧放电或点蚀。为了避免强大的破坏性电流，板上电源转换器必须采用软启动。然而，这种软启动要求与在信号引脚接触前就已处于运行状态的需要相冲突。

板卡故障

造成板卡故障的原因有很多种，这里仅介绍由电源故障引起的板卡故障。

当板上 V_{CCO} 电源出现故障或未供电时，如果 I/O 组的 V_{CCO} 大大低于受影响的普通信号的电压，Virtex-II 和 Virtex-II Pro 器件的二极管就可能会出现正向偏压。除非 V_{CCO} 被牢牢钳接于地线（例如由于钽电容故障而造成短路时），否则引起的电流并不会非常大（最坏情形 50 mA）。

在主要 I/O 连接到背板前，似乎无法提供足够的时间使电源达到正常电压。背板上必须已有电源电压，供主要 I/O 组在电源为板卡供电前使用。

防止钳位发生的解决方案是采用某种电源冗余或一个小偏压电源（如图 2 所示）。组合使用电源时，简单的二极管是最佳的选择。图 2 中，低电流背板偏压迅速为卡上的 V_{CCO} 供电。这样可防止信号的钳位作用。IN4001 二极管可防止偏压电源出现瞬变，并分离出卡上的本地 3.3V 直流电源。4.7Ω 电阻会限制浪涌电流，防止触点电弧放电或点蚀。

图 3 中，板卡上的 3.3V 直流电源可通过低压差 (LDO) 稳压器，以 2.5V 500 mA 直流电为所有板卡共用的通用背板总线引脚供电。

LDO 的可靠性与二极管相近，大约每十亿小时五次故障 (5 FIT)。由于其故障模式是开放性的，LDO 的可靠性要高于背板接插件引脚对常规情况下的 10 FIT。有关偏移接插件系统的详情，请咨询背板接插件生产商。

如果每个卡向此限流共轨提供 2.5V 直流电，那么每个卡上的主要 I/O 组可由此引脚供电，经 2.2Ω 电阻传到针对特定组的旁路电容。板卡的插入不会对使用共用总线的其他卡造成影响，浪涌电流会受到限制，以避免破坏引脚。通过这种方法供电的各组 I_{CC} 负荷需要足够小，从而保证 2.2Ω 电阻的压降不超过 200 mV。

主要 I/O 组采用 LVTTTL 2.5V 直流电标准，而不是 3.3V 直流电标准。如果 3.3V 直流转换器出现故障，主要 I/O 组电源也具有为任意主要 I/O 组板卡供电的足够能力。必须使用通过主要电源引脚供电的“卡上电源损耗监测器”将所有 I/O 强制变为三态状态。如果其他组的卡上的 V_{CCINT}、V_{CCAUX} 或 V_{CCO} 出现错误，那么以三态表示相应部分即会记录一次卡警报。

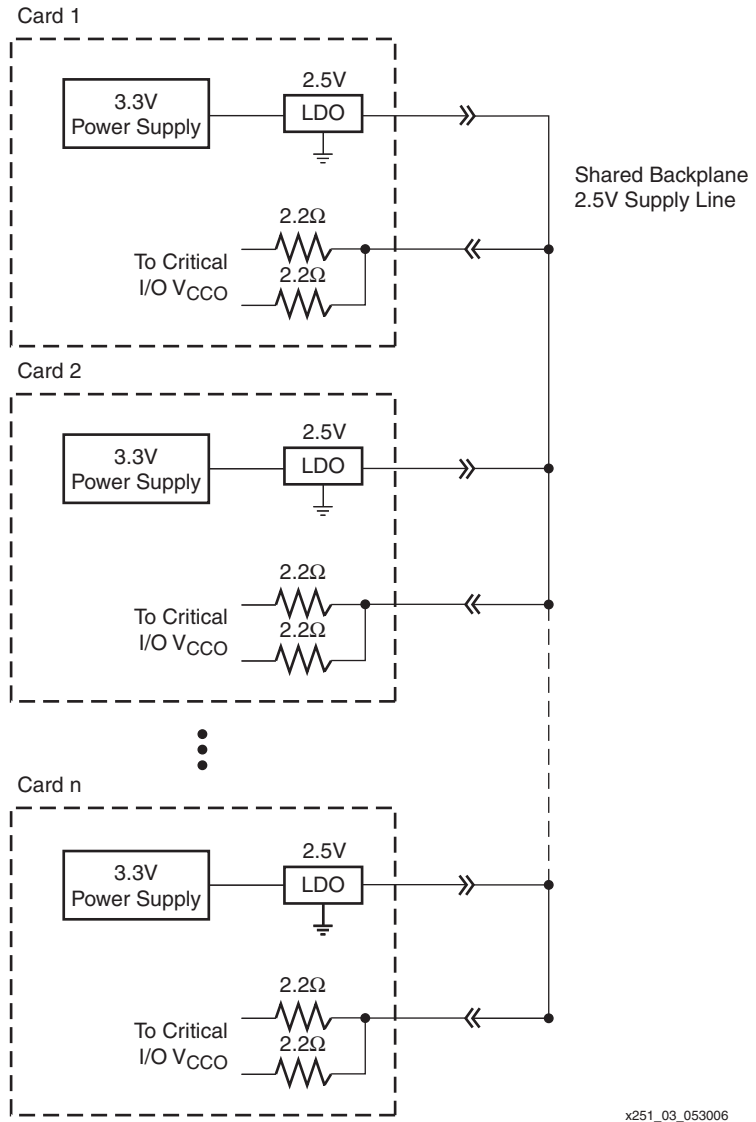


图 3: 解决方案

热插入

无序接插件的风险

向已上电系统插入板或器件存在风险，因为引脚接触的次序无法预知。首个接触到最末接触之间可能间隔数毫秒。这段间隔内发生的情况就可能造成问题。

理想情况下（如前几页所述），GND 和 V_{CC} 会在任意信号引脚接触前先行接触。有一些专用的接插件可强制执行正确的接触次序；GND 和 V_{CC} 引脚较长，总是可以先行接触。在普遍采用热插入的电信应用中，这类插槽颇为流行。使用这些专用接插件，就没有电气风险。

如果不使用有序接插件，就可能会造成永久性的电气损坏。假设 GND 和几个信号引脚先行接触，信号之一被输出阻抗为 20Ω 的 3.3 V CMOS 驱动器置高。在 V_{CC} 引脚接触之前，此高信号会使引脚至 V_{CC} 二极管形成正向偏压，并试图将尚未连接的 V_{CC} 配电网置于临界高位。

逻辑信号可担当替代 V_{CC} 电源的作用，但没有信号线和电路元件能强到足以胜任这一工作。电流值取决于通过未上电 V_{CC} 网络供电的器件的数量和性质。基于 SRAM 的 FPGA 实际上可以在主模式中启动配置过程，但仍仅由一个或几个逻辑信号供电。因此，这种配置经常在完成前中断。这些无法控制的活动和电过应力并不是我们想要的。

当 V_{CC} 在与 GND 连接之前与一些信号接触时，也会发生类似的问题。已上电的板上的低信号输出可担当插入器件的替代 GND，电流通过未上电器件流进引脚至 GND 的二极管。

Virtex-II 和 Virtex-II Pro 器件的每个输入引脚上具有两个强二极管，一个接 GND，一个接 V_{CC} ，以将剩余输入电荷传给电源供电线。XC4000XL、Virtex、Virtex-E 和 Spartan™ 器件没有连接到 V_{CC} 的二极管，而是使用了连接到 GND 的正向释放结构这样可以消除某些热插入问题。

数字系统 V_{CC} 的常规递增已经够复杂了，而且不同器件具有不同的启动电平。偶发插入操作的情况就更糟。除非设备经过专门设计，否则应避免热插入。

结论

如果预防措施得当，并采用了适当的接插件，系统可以设计成允许在背板进行板卡热插拔。

修订历史

下表说明此技术文档的修订历史。

日期	版本	修订
2001 年 7 月 12 日	1.0	Xilinx 最初版本。
2001 年 8 月 15 日	1.1	对简介进行了修改。
2006 年 5 月 30 日	1.2	更新有关 Virtex-II Pro 的信息。