

RAID 适配卡是数据中心子系统的关键组件，它保证了断电时数据的存储和恢复。目前的电池后备设计带来了有害废物处理以及保存和维护等环保问题。FPGA 和闪存技术的进步实现了由电池或者“绿色”超级电容供电的低功耗存储器后备设计。本白皮书简要介绍支持组件技术，它能够支持这类环保数据恢复解决方案。

引言

在数据中心，维持数据完整性所采用的传统方法面临越来越高的数据处理和存储需求难题。企业财务和 Web 2.0 应用对性能更高的要求以及绿色环境需求促使数据中心设计人员为目前的电池后备数据恢复系统寻求性价比更好的替代方案。

RAID 适配卡是数据中心服务器和存储阵列的关键组件，传统上依靠电池充电恢复电路来保持服务器断电期间的数据完整性。在有害物质处理和现场维护等总体拥有成本 (TCO) 问题的压力下，系统设计人员需要无电池 RAID 适配卡解决方案，它不但功效高而且对性能和数据完整性规范没有影响。

本白皮书讨论无电池 RAID 适配卡设计方法，在断电时保护并恢复数据。FPGA、闪存和电容技术的进步促进了低功耗、非易失存储器后备解决方案的发展，支持无电池环境。本白皮书简要介绍支持组件技术，它能够支持这类环保数据恢复解决方案。

企业数据中心的绿色发展趋势

在功耗预算受限的条件下提高数据中心性能，这在功耗管理、系统散热成本和保持数据完整性方面带来了管理问题。这些因素对运行数据中心的 TCO 也有影响。而且，管理机构规定采用绿色标准，要求数据中心降低功耗，严格执行电池材料处理规范。

服务器群断电会导致数据丢失，或者损坏，在主机应用中出现探测不到的错误状态。为解决这些问题，企业开发了 RAID 适配卡，提供断电期间的数据恢复机制。当前 RAID 适配卡产品问题是由电池供电带来的。表 1 列出了与电池后备系统相关的很多限制问题。

表 1. 与电池后备系统相关的电源限制

电池限制	问题
保存时间	最长一年或者 500 个周期
清除和处理	有害废物管理
数据存储容量	达到 72 小时
停机时间	充电时间达到 6 小时
替换成本	现场时间和材料
环境规范	大于 90 天，环境温度小于 30°C

为解决这些电池限制问题，RAID 适配卡设计人员开发了超级电容等绿色技术，以及与之相适应的 RAID 适配卡设计。超级电容有很多绿色优势，包括：

- 体积紧凑
- 可以迅速冲放电，次数几乎不受限制，因此，在替代电池时没有成本，不需要维护。
- 与电池不同，它不含有污染环境的有害物质。

为支持这种绿色电源技术，需要功效更高的 RAID 适配卡组件技术，特别是 FPGA 电路控制器和闪存。

技术融合

开发高功效数据恢复设计的难点在于主要的电路组件，即，FPGA，例如，Altera® Cyclone® III 等，用于实现数据存储和来电时数据恢复的电路管理、数据控制和闪存。这些组件必须支持 RAID 适配卡数据恢复和存储电路要求的功耗预算。

确定 FPGA 和闪存规范与 DRAM 密度有关，它在断电时进行备份（例如，2 到 8 GB），还与将数据存储到闪存所需要的时间有关，时间限制则取决于电池或者超级电容等替代绿色电源提供的能量。

在锂离子电池后备设计中，数据可以存储 48 到 72 小时。这一方法需要现场资源维护来保证断电时间段数据不会丢失，数据通过由电池供电的 RAID 适配卡后备电路存储在闪存中。而且，必须将电池处理因素考虑到这类设计的支持成本中。

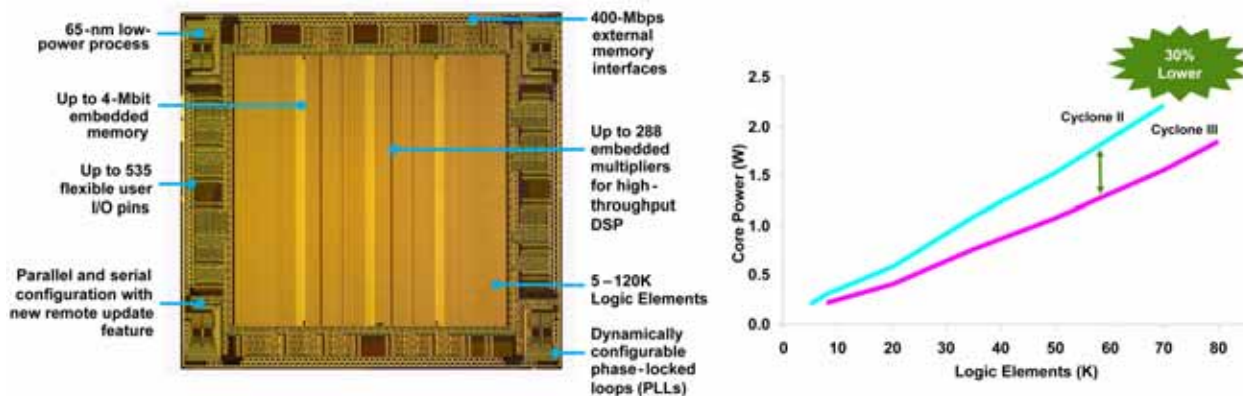
FPGA 和闪存技术在功效和性能上的进步支持在 RAID 适配卡中开发高效的数据恢复电路，采用超级电容等替代充电电源进行充电。

FPGA 技术

Altera FPGA 中采用的工艺技术已经从 65-nm 节点发展到 40-nm 节点。采用了微处理器和相关芯片组中的标准单元 ASIC 和全定制设计前沿技术，FPGA 现在可以用于大批量计算机和存储应用中，例如，高性能计算 (HPC)、虚拟 I/O、高速串行接口桥接以及存储器后备 / 恢复功能等。

此外，FPGA 体系结构设计的最新进展（图 1）以及对功耗仿真工具的支持进一步提高了 FPGA 逻辑密度，而且没有增加功耗的代价。

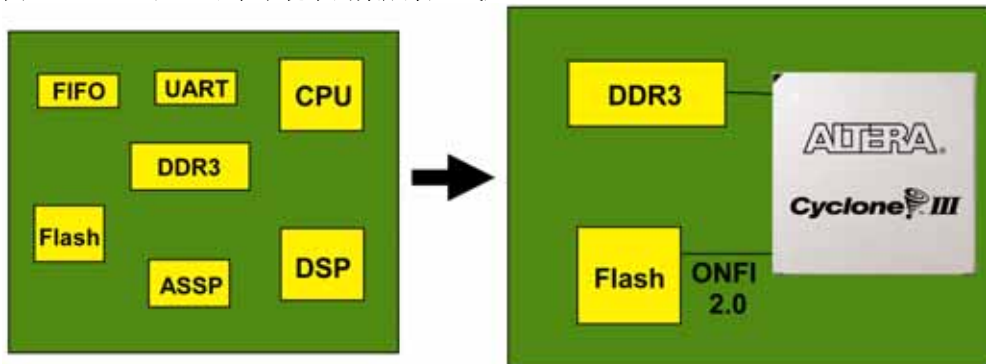
图 1. Cyclone III 的 FPGA 体系结构及其低功耗属性



以前只能通过 ASIC 来实现的嵌入式处理功能，现在是产品 FPGA 中的一个选项。例如，Altera 提供 Nios® II 可配置处理器内核，一个例化可支持 340 DMIPS。软核处理器相对于外部微处理器和微控制器的低功耗优势进一步提高了数据恢复电路的功效。

在 RAID 适配卡存储器后备电路（图 2）中，Nios II 嵌入式处理器控制 DIMM 的工作状态，以及数据在 DRAM 模块和闪存之间的传送。

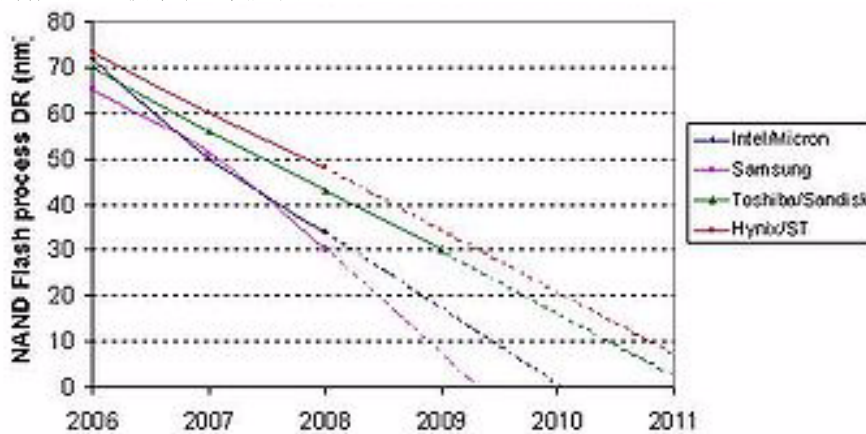
图 2. Nios II 处理器子系统集成的嵌入式处理



闪存

闪存技术加速了过去的摩尔定律，密度 / 性能不到 18 个月便翻倍。全功能电话等新的消费类外部需求要求进一步提高闪存容量，预计闪存技术将于 2010 年底之前发展到 20-nm 节点（图 3）。NAND 闪存具有与硬盘驱动扇区相似的读 / 写特性，即，低功耗、低成本（\$/GB）和极强的环境适应性。

图 3. 闪存的工艺技术节点发展图



来源：Wikipedia “闪存”，GNU 免费文档许可。

而且，支持 200 MB/s 带宽的 ONFI 2.0 闪存接口大幅度提高了数据链路速率，从而支持使用超级电容充电电路的 8 GB DRAM 容量 RAID 适配卡存储器恢复。

闪存技术的这些进步直接满足了 RAID 适配卡恢复电路的需求，保护越来越大的 DRAM 密度，同时满足低功耗要求，从而支持超级电容等替代绿色能源。

充电电路选择

目前很多 RAID 适配卡产品都是由电池供电的，而业界的发展趋势是采用更环保的超级电容。

电池

锂离子电池目前是存储器后备产品的主要充电电源。RAID 适配卡继续使用电池的唯一优势是这一技术的成熟性及其广泛应用，没有使用超级电容等替代新技术的可靠性问题。

但是，缺点也很明显。企业不愿意看到有害废物电池处理带来的额外成本，希望现场的员工团队在电池能量耗尽之前完成服务器数据恢复。

超级电容

超级电容也被称为双电层电容，以前只能用于发动机控制和涡轮发电机等有短突发能源需求的工业应用。然而，最近的技术进步支持小外形封装，密度的发展也支持 RAID 适配卡等大批量应用。

过去，实现一法拉电容需要非常大的电容器，当然不适合在 RAID 适配卡等空间受限的环境中应用。目前的超级电容（图 4）在很小的封装中提供足够的短期突发能量。

图 4. 超级电容

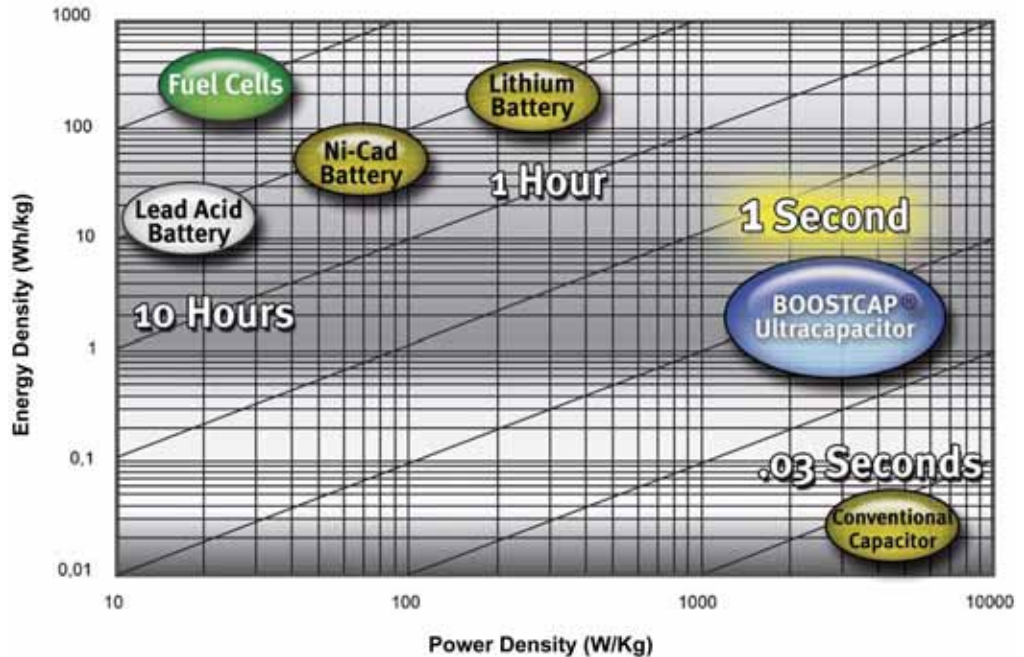


来源：经过 Maxwell 技术公司的许可。

超级电容符合环保要求。其主要构成是碳和铝，没有重金属。超级电容没有电池那样的有害物质处理问题。超级电容的保存时间也较长。这对于不经常断电的 RAID 适配卡应用非常重要。而且，超级电容可以在大约不到 20% 的时间内完成再次充电。

图 5 中的 Ragone 表展示了超级电容适用于需要快速实现额定能量密度的应用。这需要综合考虑，传统的锂离子电池最适合高能量密度需求，而电容支持低能量密度，需要在高功率密度属性上进行补偿。超级电容在传统电容基础上提高了能量密度，而功率密度高于锂离子电池，从而弥补了这两种技术的不足。

图 5. Ragone 表对比了电池和超级电容技术



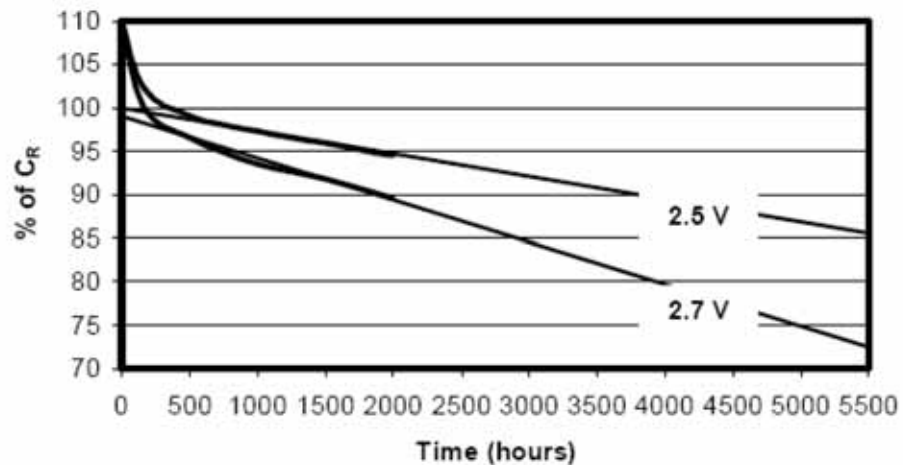
RAID 适配卡规范需要短突发能量来为断电期间的数据备份提供足够的功率密度。通过下面的物理定律，电容技术支持这些能量需求

$$\text{Energy (Joules)} = \frac{1}{2} \times \text{Capacitance} \times \text{Voltage}^2$$

超级电容供应商（例如，Maxwell 技术公司）在紧凑封装中支持 1 kW/Kg 以上的功率密度。

在采用超级电容时，RAID 适配卡设计人员应注意一些问题。使用时间会受到电压和温度的影响。图 6 显示了温度每增加 10° C，电容预期寿命减少 50%。因此，不应将超级电容模块放在有大量热源的地方，例如，微处理器和供电电路附近。

图 6. 超级电容预期使用寿命

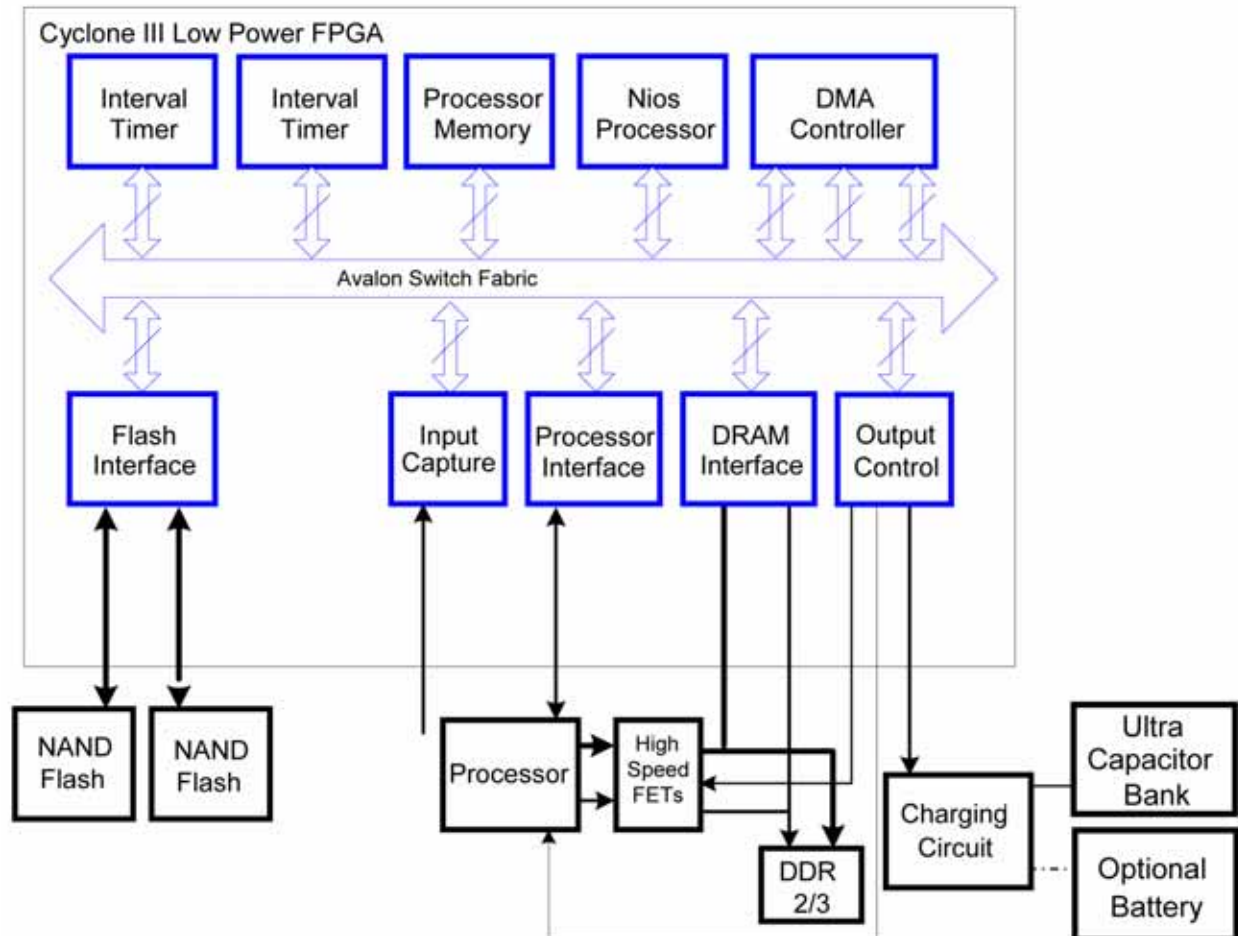


来源：经过 Maxwell 技术公司的许可。

绿色存储器后备解决方案实例

如前节所述，相对于目前的电池后备产品，FPGA、闪存和超级电容技术在功效方面的进步实现了功效更高的设计。图 7 所示为 RAID 适配卡存储器后备电路实例。在断电期间，微处理器向低功耗 Cyclone III FPGA 发送断电信号，启动并管理恢复电路。FPGA 起到了管理控制器的功能，它具有高级嵌入式处理器、支持定制 ONFI 主机接口的定制 DDR3 控制器，以及 I²C 总线。

图 7. RAID 适配卡存储器恢复设计



与基于外部处理器的设计相比，FPGA 的主要优势源自高性能、低功耗体系结构。通过各种技术来降低功耗，这些技术通常用于降低器件功耗，包括多器件阈值电压以及栅极可变沟道长度，降低了慢速电路的功耗。非易失闪存块完成数据存储功能，恢复断电期间的 DRAM 阵列数据。表 2 介绍了这一设计中主要组件的功能和优点。

表 2. 存储器后备设计的主要组件

组件 / 电路	功能	优点
Cyclone III FPGA	电路管理和控制	低功耗 (40 nm)、DDR3 存储器和 ONFI 闪存控制
高速开关 FET	DDR3 切换信号	低噪声切换
ONFI NAND 闪存	存储器高速缓存	2-8GB, 符合 DRAM 密度要求
DDR3 DRAM	存储器源	2-8GB
充电电路	低功耗、绿色电源	超级电容块, 可选电池供电
处理器	电源好信号	电路触发

结论

RAID 适配卡是数据中心子系统的关键组件，它保证了断电时数据的存储和恢复。目前的电池后备设计带来了有害物质处理以及保存和维护等环保问题。FPGA 和闪存技术的进步支持了低功耗存储器后备设计，由电池或者超级电容供电。超级电容是电池应用的环保替代方案，对于需要低功耗绿色替代方案的数据中心设计人员，这是非常具有优势的方案，它不会牺牲数据完整性和性能。

详细信息

- 计算机和存储：
www.altera.com/end-markets/computer-storage/cmp-index.html
- Maxwell 技术公司：
www.maxwell.com
- “闪存”
http://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory

致谢

- David McIntyre, 业务部高级经理, 计算机和存储器事业部, Altera 公司。

文档修订历史

表 3 列出了本文档的修订历史。

表 3. 文档修订历史

日期	版本	进行的修改
2010 年 7 月	1.0	初次发布。