

一种高可靠大容量星载存储器的设计与研究

朱晓燕, 邱庆林, 荣金叶, 张伟功

(首都师范大学 北京市高可靠嵌入式系统工程技术研究中心, 北京 100048)

摘 要: 凭借着存储密度大和存储速率高的特点, 基于 NAND Flash 的大容量存储器在星载存储领域得到了广泛的应用, 由于 NAND Flash 本身存在缺陷, 基于 NAND Flash 的大容量存储器在恶劣环境下的可靠性难以保证. 提出了通过 FPGA 设计 SRAM 对关键数据三模冗余读取和缓冲、NAND Flash 阵列热备份和数据的回放校验以及合理的坏块管理等措施, 实现了高可靠性的大容量存储器. 实验说明该系统不会因为外在偶然因素而造成数据的不完整, 而且整个存储系统的成本开销相对于目前的星载存储器也非常低.

关键词: NAND Flash; 高可靠; 大容量; 存储器

中图分类号: TP 202

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)06-0061-03

Research and Design on High Reliability Mass Capacity Memory Based on NAND Flash

ZHU Xiao-yan, QIU Qing-lin, RONG Jin-ye, ZHANG Wei-gong

(Beijing Engineering Research Center of High Reliable Embedded System,
Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: The mass capacity memory based on NAND Flash is widely used in space storage fields recently. However, due to a variety of condition constrain and bad blocks can be produced, so the reliability of mass capacity storage can not be assured especially in severe environment. A new design plan is proposed to realize the high reliability mass capacity memory. The core technology are reasonable bad block management, triplication redundancy reading and writing of key data through SRAM, warm standby of Flash arrays and checking of data playback. The experiment result shows that the system data will not be caused to incomplete, and the cost of the whole storage system is lower than the current onboard memory.

Key words: NAND Flash; high reliability; mass capacity; memory

1 引言

随着半导体电子技术和工艺的迅猛发展, 高速、高存储密度、高可靠性的固态存储器件和先进的固态记录拓宽了数据存储领域. 典型的代表存储器就是 NAND Flash, 但是它自身也存在一定得缺陷: 存储速度慢, 出厂时可能存在坏块, 使用过程中也很难推广应用, 会产生坏块^[1]. 基于此我们使用了读取速度快和安全性好的 SRAM 配合 FPGA 来管理坏块、缓冲 Flash 的读写、Flash 阵列热备份和数据的

回放校验, 这样就很大程度地提高了存储系统的安全性和容量, 而且增加的成本开销也不大^[2].

2 主要问题

2.1 NAND Flash 坏块管理与数据回放

NANDFlash 是非易失存储器, 内部是由若干存储单元块(block)组成的, 每个存储单元块又包含若干存储单元页(page), 存储单元块是最小的擦除单位, 页是写入数据的最小单位^[3]. 与普通存储器相比 NAND Flash 存储器读取速度较快. 而写入数据

收稿日期: 2011-10-17; 修回日期: 2011-12-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(61170009)

则必须先按存储单元块擦除,再按页顺序写入。NAND Flash 中的坏块是随机分布的,可能在出厂时就存在坏块,也可能在使用过程中出现坏块^[4]。如果在这些坏块中存储数据,将会导致数据的存储错误,因此在应用中要避免将数据存入已知的坏块中,这就需要对 Flash 存储阵列中的坏块进行有效的管理^[5]。

NAND Flash 一般存储的数据量较大,在数据读取和传输的时候可能产生随机的错误,而在回放的时候发现错误并且数据量较大的情况下,校正数据是比较难的,比较现实和常用的方法是数据的热备份^[6]。

2.2 数据存储速度

往 NAND Flash 写数据时要先擦除,而且写入的最小单位是页,这与 CPU 显然不相匹配。一些关键的数据信息,如坏块标记表、替换表等需要快速读取和时常更新。SRAM 速度非常快,是目前读写最快的存储设备了,不要刷新,只要不掉电,数据可以一直保存,因此需要 SRAM 对 CPU 和 NAND Flash 之间进行缓冲^[7]。

3 存储设计方案及关键技术

整个存储模块主要由 Flash 阵列,SRAM 组,FPGA,CPU,总线控制,数据接收和数据输出模块组成,主要的关键技术是使用 SRAM 对关键数据通过三模冗余读取和对 NAND Flash 坏块管理,以保证其高可靠性;使用 Flash 阵列热备份和数据读取校验,以保证数据的准确性。系统原理图如图 1 所示。

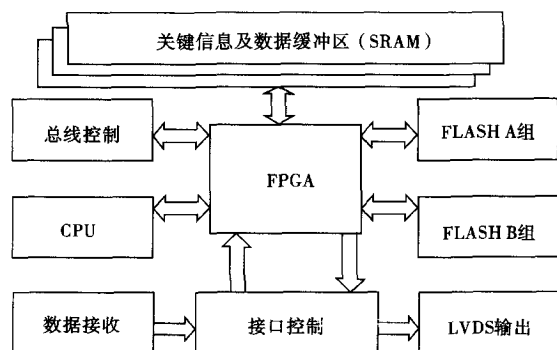


图 1 存储器系统原理图

3.1 存储器坏块管理

Flash 存储器在出厂时会存在一定数量的坏块,在应用过程中,也会产生一些坏块,如果在这些坏块中存储数据,将会导致数据的存储错误,因此在

应用中要避免将数据存入已知的坏块中,这就需要对 Flash 存储阵列中的坏块进行有效的管理。坏块管理的任务是在系统自检期间和数据记录或回放期间对坏块进行识别和替换,保证数据存储的可靠性。

Flash 芯片的坏块包括初始坏块、擦除坏块、编程坏块与读出坏块等几种类型,不论哪一种坏块,都会在写入数据后不能正确读出写入的数据。因此,实现中为简化逻辑设计,对所有类型的坏块均采用统一的读出校验检测方法。具体实现中,先由 CPU 建立一个没有错误的坏块替换表,然后由以下两个过程完成坏块检测与替换:(1)每次上电时,自检程序都会按帧校验格式向每个 Flash 页面写入数据,然后再读出并校验,如果读出数据校验不正确,则认为该页面所在的块是一个坏块,在坏块替换表中,将该块替换成 Flash 存储器中的冗余块,并对冗余块再次进行验证,如果还不正确,继续替换。(2)在每次数据记录时,直接将数据写入对应的页面;在回放时,按帧读出一个页面的数据后,首先进行正确性校验,如果不正确,认为该页面所在块是一个坏块,在坏块替换表中将该块采用冗余块进行替换。为了提供足够的冗余块,在进行 Flash 芯片选型时,根据数据存储容量的需求与货源情况,选择较大容量的 Flash 芯片。

3.2 SRAM 三模冗余设计

如何将接收的数据完全正确地存放到 Flash 阵列中,是高可靠存储的基础。针对这个问题,我们在接收到数据后不是直接存放到 Flash 阵列中,而是通过缓存模块校正与选择。其中一级缓冲区由 RAM 构成,缓冲区 A 和一级缓冲区 B,需要存储的数据都要先在一级缓冲区缓冲一下,当其中一个一级缓冲区存满的时候就切换到另一个一级缓冲区。同时在 SRAM 空闲时把已存满的一级缓冲区中的数据存入数据缓冲区中。

数据缓冲模块中存储的缓冲数据包括坏块替换表、坏块标记表和接收数据缓冲四个部分。这些缓冲数据的可靠性对数据存储回放单元的可靠性与误码率都有着重要的影响,尤其是坏块替换表影响更大。为了保证这些数据的可靠性,数据缓冲区存储器采用三备份冗余容错结构。逻辑上设置三块可同时进行读写操作的同样大小的 SRAM 存储器,数据同时写入这三个缓冲存储器。读出时,则通过三中取二表决电路对 SEU 或单块数据错误进行纠正,并通过自动更新算法在坏块替换表和坏块标记表发生单模错误时自动对存储内容进行恢复更新。从而提高缓冲

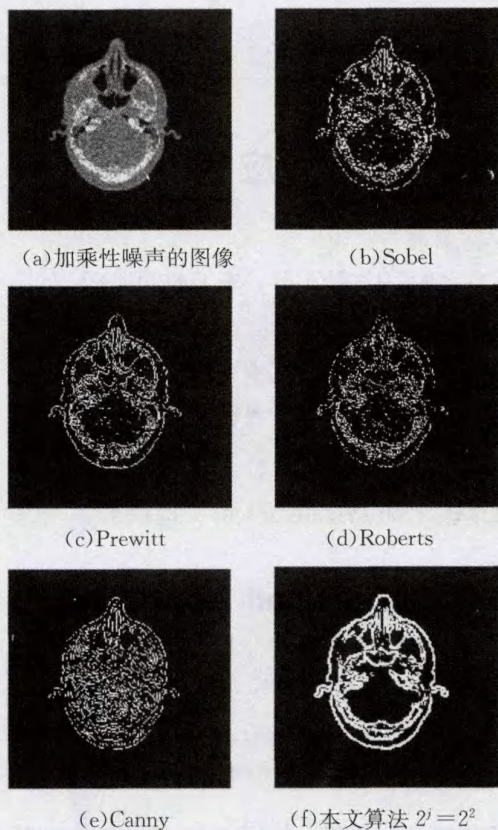


图4 图像加入乘性噪声后各种算法边缘检测效果比较

算法相比,经典的算法抗噪能力比较差,丢失了较多的模糊边缘,相对于前面的方法,本文的算法效果更好,抗噪能力更强,也可以更精确定位边缘。

5 结束语

本文提出一种基于多方向小波期望最大的图像边缘检测算法,该算法融合各方向上的边缘信息,综合小波的多尺度的特点检测图像边缘,与原有的多方向小波算法相比,计算简单,更易于实现,由实验

结果可以发现相比传统的经典边缘检测算法,该算法能有效抑制噪声,并且可以更准确更完整地定位图像边缘,从而有效地提取出了图像的边缘特征,为后续的目标识别打下良好的基础。

参考文献:

- [1] 叶鸿敏,沈永增,张敏捷. 基于二代小波提升算法的快速图像边缘检测[J]. 计算机测量与控制, 2007, 15(7): 866-869.
- [2] 丁兴号. 基于小波变换的亚像素边缘检测[J]. 仪器仪表学报, 2008, 26(8): 802-804.
- [3] Stephane Mallat, Sifen Zhong. Characterization of signals from multiscale edges [J]. IEEE Trans on PAMI, 1992, 14(7): 710-732.
- [4] 文山,李葆青. 基于小波分层的多方向图像边缘检测[J]. 自动化学报, 2007, 33(5): 480-487.
- [5] 吴艳,沈博,廖桂生. 基于多方向小波模糊融合的 SAR 图像边缘提取[J]. 西安电子科技大学学报, 2006, 33(5): 691-695.
- [6] 康志伟,廖剑利,何怡刚. 基于可操纵小波的多方向图像边缘检测[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(4): 986-988.
- [7] Liu Gang, Jing Zhong-Liang, Sun Shao-Yuan. Image fusion based on EM algorithm and discrete wavelet frame [J]. Acta Automatica Sinica, 2005, 31(5): 699-704.
- [8] 吴谨,李娟. 基于最大熵的灰度阈值选取方法[J]. 武汉科技大学学报:自然科学版, 2004, 27(1): 58-60.

作者简介:

黄晓生 男, (1972—), 博士, 副教授. 研究方向为图形图像处理。

戴秋芳 女, (1988—), 硕士研究生. 研究方向为图形图像处理。

曹义亲 男, (1964—), 硕士, 教授. 研究方向为图像处理、模式识别。

(上接第 63 页)

- [5] 谢民,高梅国,王超. NAND 型 Flash 在大容量存储回放系统中的应用[J]. 电子技术应用, 2006, 32(4): 94-98.
- [6] 高文青,沈维聪. NAND 存储器在嵌入式系统中的应用[J]. 电测与仪表, 2008(2): 45-48.

- [7] 高怡祯. 基于闪存的星载大容量存储器的研究和实现[J]. 集成电路应用, 2003(8): 75-78.

作者简介:

朱晓燕 女, (1967—), 高级工程师. 研究方向为高可靠嵌入式系统技术。