

文章编号:1007-1180(2011)06-0030-05

空间相机软件在轨重注方法研究与实现

张然峰, 郝贤鹏, 金龙旭, 赵云龙

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘要: 随着计算机技术和软件技术的发展, 具有高度自治性和灵活性的实时嵌入式系统在航天领域的应用越来越广泛。对这些嵌入式系统往往具有较高的长时间运行的自治性和可靠性要求, 因此, 对系统在轨维护能力提出了迫切的需求。针对实时嵌入式系统在轨维护需求, 提出了一种基于 FPGA 的嵌入式系统软件在轨重注方法。

关键词: 嵌入式系统; 在轨维护; FPGA; 在轨重注

中图分类号: TP391

文献标识码: A

DOI: 10.3788/OMEI20112806.0030

Study and Realization on Method of Software in Space Camera On-board Reprogramming

ZHANG Ran-feng, HAO Xian-peng, JIN Long-xu, ZHAO Yun-long

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,
Changchun 130033, China)

Abstract: With the development of computer technology and software technology, the real-time embedded system with high autonomy and reliability has been extensively applied to areas of spacecraft. In order to assure the system's performance and reliability during their on-board missions, the researches on on-board maintenance for real-time system is particularly important. According to the requirement of on-board maintenance for real-time embedded system, a novel method for software on-board reprogramming was suggested based on FPGA.

Keywords: embedded system; on-board maintenance; FPGA; on-board reprogramming

1 引言

随着计算机技术和软件技术的发展,嵌入式系统在航天领域的应用越来越广泛。嵌入式系统软件的功能、性能、安全性和可修改性直接影响系统的稳定性,其中软件的可修改性在软件的生命期内具有重要的作用。为真正实现空间软件在轨的可修改性,使其具有较大的灵活性,有必要进行在轨编程设计。通过这种工作方式,可消除软件的自身故障,根据在轨运行情况,扩充控制功能,更改控制规律。目前,空间软件的在轨重注主要以子程序(软件模块)为基本的替代单位^[1]。简单地说,就是将有可能进行在轨编程的子程序入口地址都放在一个子程序地址表中,软件调用任何子程序时,均通过子程序地址表获得子程序的入口地址。在轨重注时,首先将经过修改的代码(即一个或多个子程序)通过遥控注数注入RAM区,然后再注数修改子程序地址表中该子程序的入口地址,使之指向RAM区的代码。这样,原来固化在ROM区的该子程序就不再被调用,程序将调用RAM中的代码。但是,这种在轨重注方法存在一个问题,一旦系统下电,原来重注在RAM区的程序就会丢失,尤其对于空间相

机软件(相机只有在成像时才开机)不适用。因此,本文提出了一种基于DSP+FPGA+FLASH的嵌入式系统软件在轨重注方法。

2 实验

2.1 嵌入式系统组成设计

为实现空间软件的在轨重注,设计了一种基于DSP+FPGA+FLASH的嵌入式系统。嵌入式系统由DSP、FPGA、FLASH组成,组成框图如图1所示。DSP_A [0..20]: DSP的21根地址线;cpu_addr21: DSP的第22根地址线;cpu_addr22: DSP的第23根地址线;DSP_D [0..20]: DSP的21根数据线;cpu_mstrb: DSP外部空间选通信号;cpu_ps: DSP外部程序空间选通信号;cpu_ds: DSP外部数据空间选通信号;cpu_r_wn: DSP读写选通信号;flash_ce1: FLASH模块1选通信号;flash_ce2: FLASH模块2选通信号;flash_ce3: FLASH模块3选通信号;flash_we1: FLASH模块1写信号;flash_we2: FLASH模块2写信号;flash_we3: FLASH模块3写信号;flash_oe: FLASH读信号;wdt_wdo: DSP复位信号。DSP工作模式为微计算机方式^[2]上电后采用16位并行自引导方式从数据空间

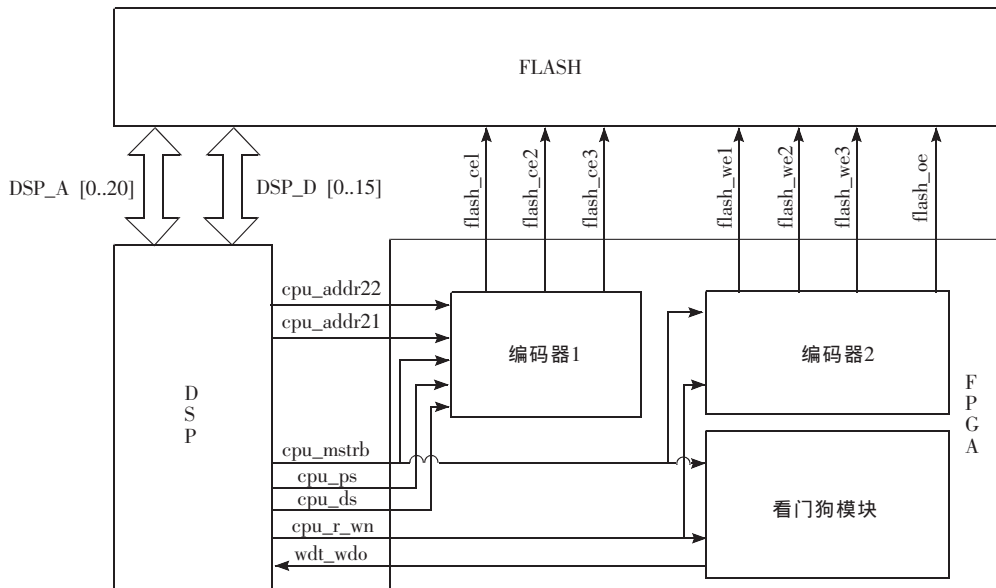


图1 嵌入式系统组成框图

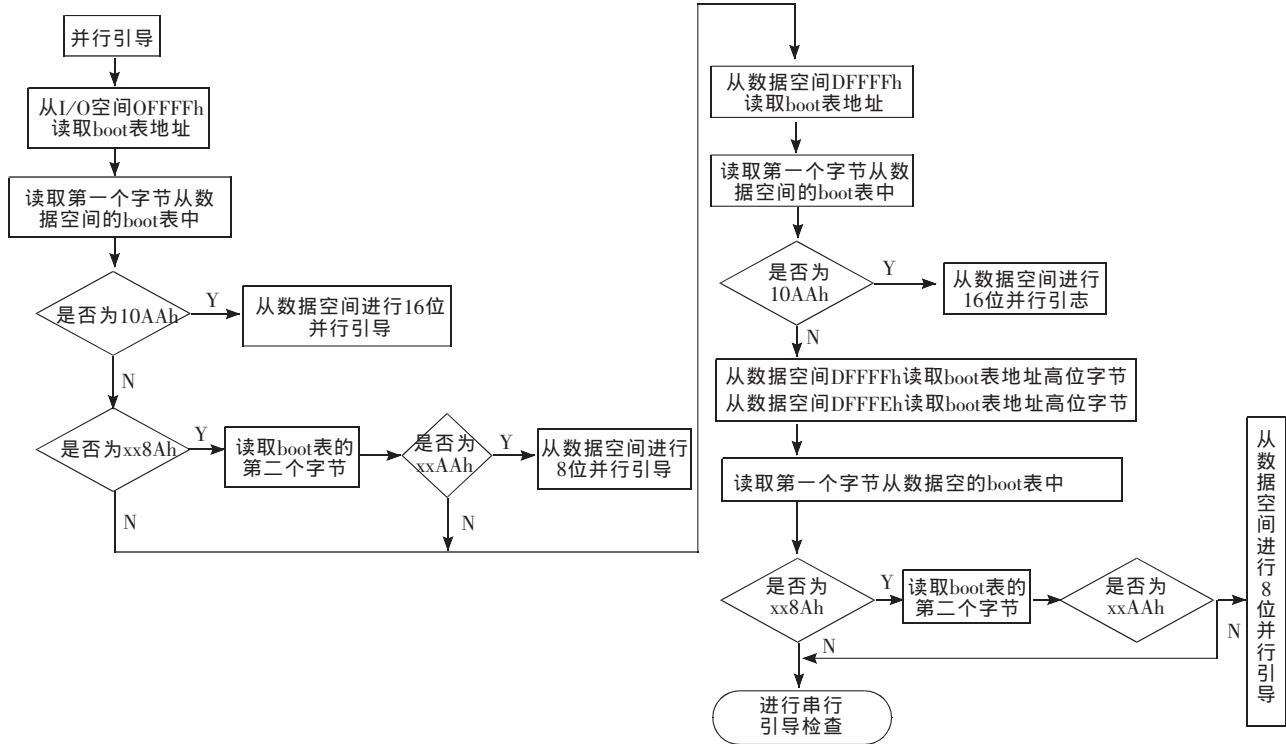


图2 DSP并行引导流程图

将程序读到内部 RAM 中运行，DSP 并行自引导流程如图 2 所示。DSP 首先从 I/O 空间 0FFFh 地址读取 Boot 表地址，读取 Boot 表首字节如果为 10AA，则进行 16 位并行引导；如果为 xx8A，则读下个字节；如果为 xxAA，进行 8 位并行引导；否则从数据空间 0FFFh 地址读取 Boot 表地址。读取 Boot 表首字节如果为 10AA，则进行 16 位并行引导；否则连续读取数据空间 0FFFh、0FFFEh 确定 Boot 表地址。读取 Boot 表首地址如果为 xx8A，则读下个字节；如果为 xxAA，进行 8 位并行引导；否则进行串行引导检测。FLASH 由 3 个独立的存储模块组成，

每个存储模块的容量为 2 M×16 bit。FLASH 的第一个存储模块放置启动程序，第二个存储模块放置应用程序，第三个存储模块放置地物高层图。存储器软件分配框图如图 3 所示。系统上电后，FPGA 内部的编码器模块 1 将 cpu_ds 与 flash_ce1 连接，即将 FLASH1 映射到 DSP 的数据空间，其中的启动程序供 DSP 自引导使用，同时对 DSP 高两位地址线 cpu_addr22、cpu_addr21 编码。当为 10 时，将 cpu_ps 与 flash_ce2 连接；当为 11 时，将 cpu_ps 与 flash_ce3 连接，即将 FLSAH2、FLSH3 映射到 DSP 的程序空间。当 FPGA 接收到 DSP 发送的模块切换

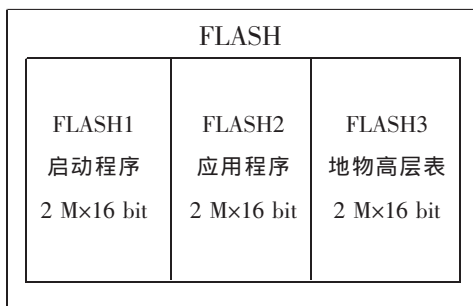


图3 FLASH存储器软件分配框图

表1 编码规则

cpu_mstrb	cpu_r_wn	flash_we1-3	flash_oe
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	1	1

指令后，FPGA 内部的编码器模块 1 将 cpu_ds 与 flash_ce2 连接，即将FLASH2 映射到 DSP 的数据空间。其中的应用程序供 DSP 自引导使用，同时对 DSP 高两位地址线 cpu_addr22、cpu_addr21 编码。当为 01 时，将 cpu_ps 与 flash_ce1 连接；当为 11 时，将 cpu_ps 与 flash_ce3 连接，即将FLASH1、FLASH3 映射到 DSP 的程序空间。系统上电后，FPGA 内部的编码器模块 2 通过对 cpu_mstrb、cpu_r_wn 编码选通 flash_we1、flash_we2、flash_we3，选通 flash_oe。编码规则如表 1 所示。即当 cpu_mstrb 使能、cpu_r_wn 写使能时 flash 写使能；cpu_mstrb 使能、cpu_r_wn 读使能时 flash 输出使能。

2.2 结果与讨论

DSP 工作在微计算机模式下。系统上电后，FPGA 将 FLASH 中的第一个存储模块映射到 DSP 的数据空间（供自引导使用），第二个、第三个存储模块映射到 DSP 的程序空间，DSP 将启动程序读到内部 RAM 中运行。当 DSP 接收到卫星数管计算机发出的“软件重注指令”后，接收来自卫星数管计算机注入的数据码，数据码由 3 部分组成：应用程序代码长度、应用程序代码、应用程序代码异或和校验码。卫星数管计算机以表 2 所示的数据帧格式向 DSP 发送数据码，DSP 接收完毕后对 FLASH 中的第二个存储模块进行擦除，擦除正确后将应用程序代

表2 卫星数管计算机注入数据包帧格式

字节序号	参数名称	字节数	定义和处理方法
1~2	帧头	2	内容1D97
3	控制码	1	内容33H
4	传送长度	1	内容3AH
5~62	注入内容	58	应用程序代码 (当代码不够58字节时, 需填满58字节)
63	校验码	1	对字节序号3~62进行异或和校验 (初值为0)

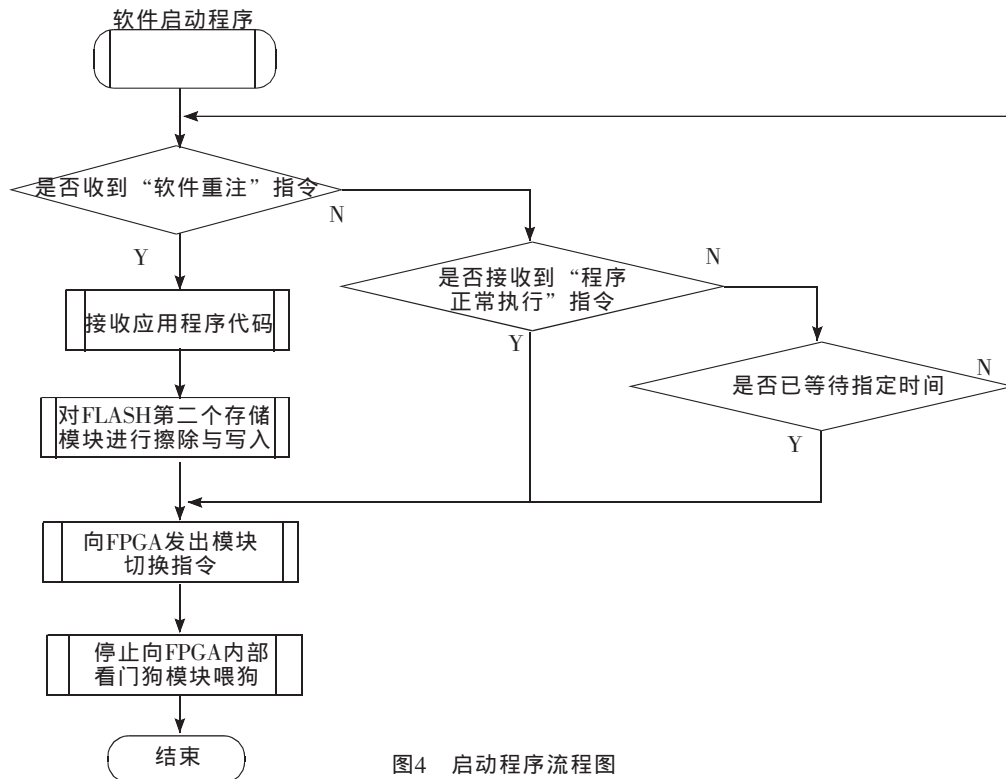


图4 启动程序流程图

码写入, 写入正确后 DSP 向 FPGA 发出模块切换指令, FPGA 将 FLASH 中的第二个存储模块映射到 DSP 的数据空间, 第一个、第三个存储模块映射到 DSP 的程序空间, 同时 DSP 停止向 FPGA 喂狗, 随后 FPGA 向 DSP 提供复位信号, DSP 复位后将应用程序引导到内部 RAM 中运行实现软件在轨重注功能。当 DSP 接到“执行应用程序”指令或等待一定时间后没有接收到“软件重注指令”时, 向 FPGA 发出模块切换指令, 同时停止喂狗, 等待 FPGA 向 DSP 发出复位信号后将应用程序引导到内部 RAM

中运行。其中启动程序的流程图如图 4 所示。

3 结束语

空间软件的在轨重注是未来空间软件的发展方向。本文所述的在轨重注方法在前期试验中已得到了验证。试验证明, 空间软件在轨重注设计思想合理可行, 能满足软件功能的自身修改、控制功能的扩充。在轨重注的设计对提高空间软件的可靠性、增加空间软件的使用寿命等起到了重要的作用。

参考文献

- [1] 朱虹, 王海燕. 一种星载软件在轨编程功能的设计和实现技术[J]. 上海航天, 2004(1): 26-31.
 [2] 戴明桢, 周建江. TMS320C54x DSP 结构、原理及应用 [M]. 2 版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007: 19-27.

作者简介: 张然峰(1981-), 男, 汉族, 吉林长春人, 硕士, 助理研究员, 2007年于吉林大学获得硕士学位, 主要从事空间相机控制器研究。E-mail: zhangranfengjlu@yahoo.com.cn

《光学 精密工程》(月刊)

《光学 精密工程》是中国仪器仪表学会一级学术期刊, 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主办, 科学出版社出版。由国内外著名科学家任顾问, 陈星旦院士任编委会主任, 国家科技部副部长曹健林博士担任主编。

《光学 精密工程》坚持学术品位, 集中报道国内外现代应用光学、光学工程技术、光电工程和精密机械、光学材料、微纳科学与技术、医用光学、先进加工制造技术、信息与控制、计算机应用以及有关交叉学科等方面的最新理论研究、科研成果和新技术。本刊自2007年起只刊发国家重大科技项目和国家自然科学基金项目及各省、部委基金项目资助的论文。《光学 精密工程》竭诚欢迎广大作者踊跃投稿。

本刊获奖:

中国精品科技期刊
 中国科学技术协会择优支持期刊
 中国百种杰出学术期刊
 第一届北方优秀期刊
 吉林省双十佳期刊

国内检索源:

中国科技论文统计源期刊
 中国学术期刊(光盘版)
 万方数据系统数字化期刊
 台湾华艺中文电子期刊库
 中国科学引文数据库
 中国物理文献数据库
 中国期刊网

国际检索源:

《美国工程索引》(EI Compendex)
 《美国化学文摘》(CA)
 《英国INSPEC》(SA)
 《俄罗斯文摘杂志》(PJK)
 《美国剑桥科学文摘》(CSA)

中文核心期刊要目总览(北大)
 中国学术期刊综合评价数据库
 中国光学与应用光学文摘
 中国科学期刊全文数据库
 中国光学文献数据库
 中国学术期刊文摘
 中国物理文摘

电 话: (0431) 86176855
 传 真: (0431) 84613409

E-mail: gxjmgc@ciomp.ac.cn gxjmgc@sina.com
 http://www.eope.net