

DSP 在线升级容错性能的研究

王尧 李荣冰 孙永荣 周颖 王嘉诚

(南京航空航天大学导航研究中心 南京 210016)

摘要: DSP 在线升级过程中,可能面临多次升级失败,因此本文对底层程序进行改进,通过将待升级程序先复制到 Flash 备份扇区的方法,以保证设备原有应用程序功能的完整性。主要介绍了在线升级的基本思想和实现步骤,阐述了上位机与下位机的交互过程,并给出了在片内 Flash 不同扇区进行程序搬移的关键代码。最后通过实验对 3 种异常升级情况进行分析,实验表明该方法能保证系统在升级过程发生意外情况时均能自我修复并正常运行,充分提高了嵌入式系统的可维护性与容错性,可广泛应用于设备的在线升级。

关键词: 在线升级;容错性;DSP;Flash

中图分类号: TP311 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5015

Research on the reliability of upgrading online based on DSP

Wang Yao Li Rongbing Sun Yongrong Zhou Ying Wang Jiacheng

(Navigation Research Center, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: DSP may face with multiple failures in the online upgrade process, so this paper improves the underlying program which uses the method of copying the upgraded program to the Flash backup sector in order to ensure the integrity of the original application function. This paper mainly introduces the basic idea and implementation steps of the online upgrade, expounds the interaction between the host computer and the lower computer, and gives the key code of the program moving on different sectors of the Flash. Finally, by the analyzing of the three kinds of abnormal upgrading, the results show that the method can guarantee the self-repair and normal operation when the accident happened during the upgrade process. So this method can fully improve the maintainability and fault-tolerant of embedded system, it can be widely used in the online upgrade of equipment.

Keywords: upgrading online; fault-tolerant; DSP; Flash

0 引言

随着电子技术以及信息化产业的飞速发展,以 DSP 为核心的各种产品在民用、军用等领域均得到广泛应用。这些产品在生命周期内需对其功能进行完善^[1],在线升级便是被广泛采用的一种机制,这种升级方式不需要改变 DSP 的启动方式,并且不受复杂环境的限制,充分提高了系统的升级的便利性与可维护性。

DSP 在线升级的方法现已相当成熟,一般方法是 will 升级文件直接写至 Flash,替换原有应用程序,如文献[2]提出通过固化 Userbootloader 升级应用程序的方法,这种方法简单易行,但由于在写入升级文件时,首先会将原有应用程序擦除,一旦升级中出现意外情况,如升级文件有误、升级过程意外断电,则会导致升级失败,此时原有应用程序的功能已经缺失。虽然可以重复上电升级,但若一直升级不成

功则会导致设备无法继续投入使用。

本文设计以 TI 公司推出的高性能 DSP 处理器 F28335 统为例^[3],对以往在线升级的方法进一步进行完善,将改进后的底层程序固化至 Flash 扇区中,通过底层程序实现对应用程序在升级过程的读取、搬移、保存等一系列操作,提高了对已投入使用的 DSP 嵌入式系统的容错性。

1 总体设计思路

本文采用的是通过串口的在线升级技术,该方法不需要通过 JTAG 端口连接仿真器来实现程序升级,其主要思想是通过底层程序烧写应用程序来实现升级。底层程序指已固化在 Flash 中的程序^[4],不允许擦除和更改,其主要功能是实现串口烧写的时机判断、数据的接收与烧写等;应用程序即设备待升级程序,是用户为实现嵌入式设备特定功能的程序。本文的主旨就是完善在烧写应用程序时的容

错性。

提高嵌入式在线升级的容错性,就是使其在升级过程中对各种意外情况有相应的应对措施,并具有一定的自我修复功能。本文主要从存储方法上来提高升级的容错性,采用乒乓式存储方式,将原有应用程序和待升级程序都存放于 Flash 上,升级过程中需要对扇区状态设置标志位,用来应答上位机发送的指令,并随时跟踪 Flash 扇区状态。

F28335 具有 150 MHz 的高速处理能力,以及 32 位浮点处理单元,片上集成了 256 KB×16 bit 的 Flash 存储器^[5],可满足多数程序存储的需求。其片内有 8 个 Flash 扇区,其中 A 区用来存放底层程序,F 区存放状态字对 H 区状态进行标志,E 区存放状态字对 G 区状态进行标志。具体地址范围如表 1 所示。

表 1 Flash 的扇区分段

扇区分段	地址范围	存放内容
H	0x300000~0x307FFF	应用程序
G	0x308000~0x30FFFF	升级程序备份
F	0x310000~0x317FFF	H 扇区标志位
E	0x318000~0x31FFFF	G 扇区标志位
D、C、B	0x320000~0x327FFF	未使用
A	0x338000~0x33FF7F	底层程序

2 在线升级的实现

2.1 底层程序

底层程序的烧写是通过 Spectrum Digital 公司推出的一款独立的 Flash 编程软件 SD Flash 进行烧写的。通过 SD Flash 将用底层程序固化到 Flash 后,再将 DSP 设置为 Flash 启动^[6]。底层程序是烧写在 Flash 中的 A 扇区,因此下位机上电复位后需选择 Boot to Flash 引导方式^[7],如图 1 所示。

当指针跳转至主函数时即开始执行底层程序,底层程序需要将待升级程序烧写至 Flash 指定扇区^[8],主要包括 Flash 函数功能以及引导功能。

1)Flash 函数功能主要包括 API 函数库中的擦除函数 Flash_Erase()、编程函数 Flash_Program()以及校验函数 Flash_Verify()。

2)引导功能。是将一段引导程序固化在 Flash 中,它负责上电后实时检测串口,若收到上位机的升级命令则进行程序升级,否则跳转到应用程序入口地址,执行应用程序。通信采用主从方式进行传送和接收,上位机作为主机发送命令,下位机作为从机对命令进行响应和回复^[9],其交互过程如图 2 所示。

2.2 应用程序

应用程序是通过底层程序烧写在 Flash 中的 H 扇区的,在线升级的目的即是对应用程序的完善与更新,使其满

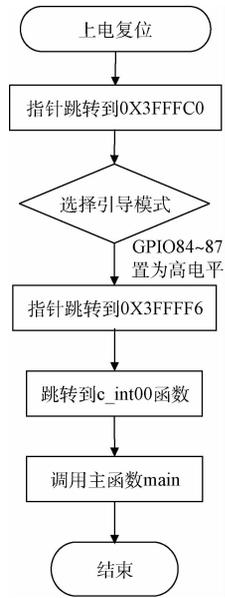


图 1 指针跳转过程

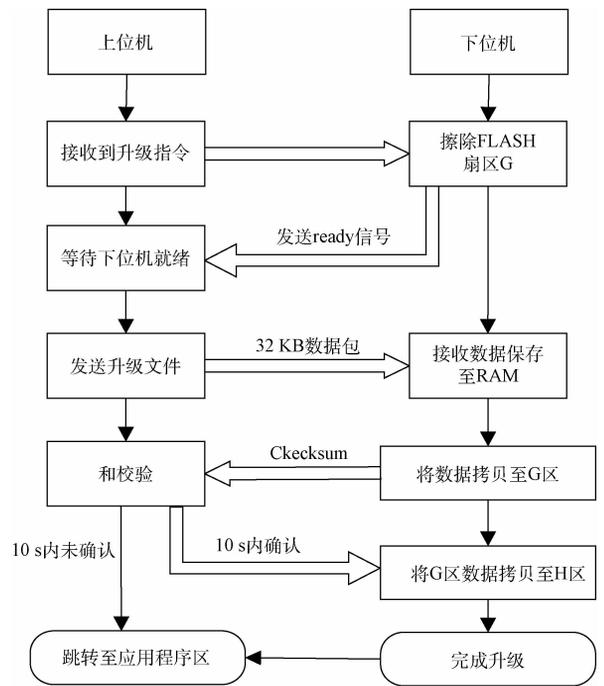


图 2 上位机与下位机交互过程

足用户对于嵌入式设备功能的需求。

在线升级过程中需要的文件是只包含应用程序代码. bin 文件^[10],而通过 CCS 编译生成的文件是包含头文件、符号表、段地址的. OUT 文件,. OUT 文件不能直接用来写入 Flash^[11],因此需将其转换成内存能识别的. bin 文件。先用 CCS 编译应用程序,生成. out 文件。再通过 CCS 中 hex2000. exe 软件将. out 文件转换成. hex 格式的文件。最后通过 TI 公司的 FileIOShell. exe 软件将. hex 文件转换

成. bin 格式的文件^[12-13]。此时生成的文件在线升级过程中就可以直接烧写到 Flash。

3 容错性提高的设计

如图 3 所示,在升级过程中,采用将待升级程序烧写至 G 区,再通过校验函数进行和校验,确认程序正确性后将 G 区程序烧写至 H 区的思路来提高嵌入式设备在线升级容错性,防止在意外情况下丢失应用程序的功能,引起系统瘫痪^[14]。



图 3 正常升级

提高容错性能的关键和难点是将 G 区的程序拷贝至 H 区。针对 F28335 不能用 Flash 中一个扇区的算法对另一个扇区进行擦除和编程的特点^[15],在线升级过程中有两个关键点需要注意。

1) 底层程序存放在 Flash 扇区 A 中,故它无法对其他扇区进行操作,需将底层程序中负责升级的程序搬移至 RAM 区才能实现函数功能。实现程序搬移的代码如下^[10]:

```
void MemCopy ( Uint16 * SourceAddr, Uint16
* Source EndAddr, Uint16 * DestAddr)
{
while (SourceAddr<SourceEndAddr)
{
* DestAddr++ = * SourceAddr++;
}
return;
}
```

其中,SourceAddr 为 Flash 扇区 A 中负责程序升级代码的起始地址,SourceEndAddr 为结束地址;DestAddr 为搬移至 RAM 空间的起始地址。

2) 底层程序在将 G 区的程序烧写至 H 区时,需先将 G 区应用程序读至 RAM,再通过 A 扇区的底层程序将 RAM 里应用程序烧写至 H 区。实现将 Flash 扇区程序读至 RAM 的代码如下:

```
void Flash_read(Uint16 * start,Uint16 * dst,Uint32
length)
{
Uint16 * pstart, * pdst;
Uint32 kc;
pstart = start;
pdst = dst;
for(kc=0;kc<length;kc++)
{
* pdst++ = * pstart++;
}
}
```

其中,start 为待拷贝程序的起始地址,dst 为 RAM 空间的起始地址,length 为程序长度。

而实现由 RAM 区烧写至 H 区则可以使用 API 库函数中的 Flash_Program()。

4 实验验证

本文以超级终端仿真上位机升级软件,对 F28335 最小系统进行程序烧写。并对正常升级以及 3 种异常情况进行分析和总结。

4.1 正常升级

1) 下位机进行上电复位。图 3 中 App 为应用程序区(H 区),Back 为备份区(G 区),图 3 根据设定的标志位表明 H 区程序有效,G 区程序有效。

2) 等待上位机升级指令,输入‘UPDATE’确认升级。开始擦除 G 区,擦除完毕后,下位机发送信号等待上位机传送文件。

3) 下位机逐帧接收上位机发送的升级文件^[15]。并将程序烧写在 G 区。烧写完成后,上位机自检升级文件校验和,校验通过,则输出‘yes’。

4) 当和校验通过后,下位机开始将 G 区内容复制到 H 区,直至程序复制完成完成。

5) 程序复制完成,即此次升级结束,指针自行跳转至 H 区,DSP 开始执行应用程序,因为 DSP 会以十六进制形式输出,故在图 3 中显示为乱码,表明此次升级成功。

4.2 升级程序异常

本次实验升级程序校验和设定为 0xFE8A,图 4 中校验和为 0xB44B,校验错误,上位机则会提示‘no’,表明升级程序有误,下次重启时会自动跳转至 H 区运行应用程序。

4.3 对 G 区进行烧写时意外断电

对 G 区进行烧写意外断电后可重新上电,便开始重新升级,此时 H 区程序有效,G 区程序无效,说明在意外断电 G 区程序已被擦除,根据正常升级操作过程可重新完成在线升级。

若断电后无法继续进行升级,则宣告此次升级失败,不

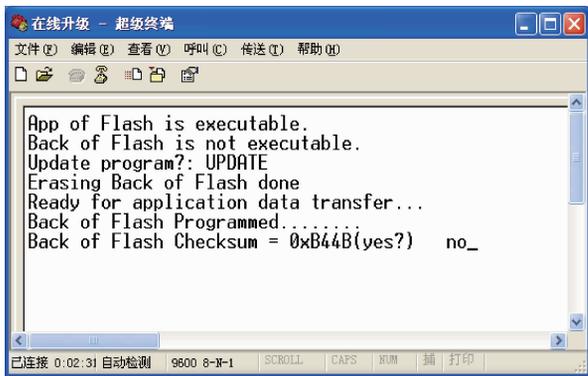


图 4 升级程序异常

过 H 区程序仍然正常,不影响嵌入式设备的正常运行。

4.4 对 H 区进行烧写时意外断电

对 H 区烧写时意外断电,即 Copying 过程意外断电,此时应用程序已经烧写到 G 区,重新上电后则会直接跳转到 Copying 过程,继续完成升级。

4.5 升级结果的验证

本文通过串口调试助手对升级结束后 F28335 最小系统进行验证,按照图 5 对串口号、波特率、校验位进行设置,DSP 上电后串口调试助手接收到它发送的十六进制字符,证明无论是升级程序异常或升级过程意外断电,都能保证原有应用程序功能的完整性,达到了预期的设计目的。



图 5 升级结果验证

5 结 论

本文主要对 DSP 在线升级的底层程序进行优化,避免升级过程出现意外导致的嵌入式系统的瘫痪。并以 F28335 最小系统为例,测试了多种异常情况。结果表明,通过对 DSP 底层程序的改进,在出现各种意外情况时嵌入式系统均能自我修复并正常运行,充分提高了 DSP 在线升级的容错性,对其他嵌入式系统有很好的参考价值。

参考文献

- [1] 叶子健,王健. 一种新的程序在线升级的实现[J]. 电子器件,2011, 34(1):108-111.
- [2] 陆平林. 一种基于 TMS320C6205 DSP 的在线升级方法[J]. 通信技术,2012,45(2):132-134.
- [3] 邓舜耕,李宏民,杨宣兵,等. 基于 DSP 的高速感应无线位置检测系统[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(6): 880-886.
- [4] 雷卫延,敖振浪,周钦强. 基于 STM32 的在应用编程 (IAP)开发[J]. 电子测量技术,2015,38(5):62-66.
- [5] 杨双龙,徐科军,梁利平,等. 基于 DSP 的浆液型电磁流量计的研制[J]. 仪器仪表学报,2011,32(9): 2101-2107.
- [6] 陈若珠,胡金平,李战明. TMS320VC5509 在线烧写 Flash 并自举启动方法研究[J]. 微型机与应用,2011, 30(2):9-11.
- [7] 徐达旺,赵浩,刘元商. TMS320C671X 系列 DSP 的引导程序设计技术[J]. 国外电子测量技术,2016, 35(12):93-97.
- [8] 刘赞,左小川. 嵌入式软件在线升级系统的设计与实现[J]. 计算机测量与控制,2015, 23 (4):1425-1427.
- [9] 沈润,张喆,徐琼,等. 基于串口的 TMS320F28335 应用程序在线升级技术的应用[J]. 化工自动化及仪表,2015(3):324-326,341.
- [10] 计茹,寇建辉,张腾. DSP 软件在线升级的设计与实现[J]. 经营管理者,2014(10):382-382.
- [11] 朱艳芳,李艳娟,杨茜,等. 一种基于 RS422 的 DSP 应用程序的在线升级方法[J]. 航天制造技术, 2015(5):65-67.
- [12] 汪晶晶,苏建徽,孙佩石. 基于串口通信的 DSP 应用程序在线升级方法[J]. 微型机与应用,2013, 32(14):15-17,24.
- [13] 石乃轩,冯伟,王健,等. 基于 TMS320VC55x DSP 在线升级的设计与实现[J]. 通信技术,2010, 43(7): 236-238.
- [14] 孙亚萍,张慧熙. 一种新型 DSP 软件在线升级方法的研究与实现[J]. 微型机与应用,2010, 29(5):72-74.
- [15] 蒋建春,王正树,冯辉宗,等. 基于软件触发的在应用编程在线升级技术的设计与实现[J]. 计算机应用, 2012, 32(6):1721-1723.

作者简介

王尧,1992 年出生,硕士研究生,研究方向为嵌入式开发、微惯性导航系统。

E-mail: wyao@nuaa.edu.cn