

智能继电保护测试仪程序在线升级技术研究

王治国, 于哲, 王言国, 周强, 李兴建, 沈全荣
(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏南京 2111024)

摘要: 简要分析智能保护测试装置的特点, 提出了一种通用的保护测试装置智能板卡程序在线升级解决方案, 并详细介绍了设计思路。该方案采用升级程序和应用程序完全分离机制, 通过网络及装置内部数据总线传输程序数据, 实现程序的在线升级。该方法简单易行, 通用性强, 已在实际工程中得到应用。

关键词: 智能保护; 测试装置; 数据总线; 在线升级

中图分类号: TM774

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2014)01-0038-04

智能继电保护装置是保证智能电网安全稳定运行的重要设备之一, 有效测试智能电网继电保护装置的各项性能指标, 保证产品质量是其首要功能。智能保护测试装置一般有许多智能板卡组成^[1]: 主控 CPU 板卡、模拟量输出板卡、数字量输出板卡、开关量输出板卡、开关量输入板卡、对时板卡等, 这些板卡可以输出各种模拟量信号、数字量信号及开关量信号, 并能接收各种硬接点信号, 用于完成各种智能保护装置保护逻辑功能测试和接点动作监测, 通过内部数据总线连接, 与主控 CPU 板卡进行数据交换。如要升级测试装置智能板卡程序, 需拔掉板卡, 通过仿真器进行程序下载, 工作繁琐, 且不利于现场操作。因此, 研究一种简洁、高效、低成本的嵌入式程序在线升级方法与技术具有重要的实际意义^[2-4]。结合智能电网保护测试装置实际情况, 给出了基于各智能板卡采用 ARM 公司处理器芯片作为主控制器的一种程序在线更新方案。该方案由客户端下载程序、主控 CPU 程序之数据传输子程序、智能板卡升级程序、智能板卡应用程序之跳转子程序构成, 4 个子程序分工协助, 共同完成板卡程序的在线升级任务。该方案充分利用装置内部数据总线来传输程序升级数据, 对智能板卡升级程序和应用程序采用完全分离机制, 更有利于应用程序开发, 且具有较强的通用性, 已在智能电网保护测试装置中应用, 并取得了良好效果。

1 BOOT 升级程序设计

1.1 在线应用编程(IAP)技术

要实现应用程序的更新, 需要对 flash 进行编程, 首先擦除原程序, 再将新程序烧写进去。LPC2119 固化在 flash 中的 BOOT 装载程序提供了 2 种 flash 编程接口, 一种是通过串口进行在系统编程(ISP), 另一种是通过 IAP, 其中 BOOT 装载程序所在的扇区不允许被擦除。由于 IAP 技术实现起来简单灵活, 可通过

网络进行远端升级和维护, 故系统使用 IAP 接口。

LPC2119 是基于 ARM7 内核、带 IAP 功能的微控制器, 内部有 128 kB 的 Flash 和 16kB 的随机存取存储器(RAM)。flash 存储器分为 0#~15# 共计 16 个扇区, 每个扇区有 8 kB 的存储空间。其中, 0#~14# 扇区共有 120 kB 存储空间, 可用于放置嵌入式用户程序或非易失性数据; 15# 扇区称为引导块(BOOT Block), 存放芯片出厂时的固化程序, 包括芯片上电复位引导程序、ISP 服务程序和 IAP 服务程序等, 分别用于完成芯片的复位引导、ISP 和 IAP 等功能。RAM 中仅有少量的字节预留留给 ISP 和 IAP 等功能使用^[5]。

IAP 功能是通过调用固化在 BOOT Block 区域中的 IAP 服务实现的。根据功能函数传递给 IAP 服务的不同命令代码和参数, 可实现各种 IAP 功能: 如选择编程扇区, 将 RAM 内容复制到 Flash 扇区, 擦除扇区, 扇区查空, 内容比较等服务。

1.2 IAP 功能实现

(1) 定义 IAP 时钟, 这个是关键。

```
#define IAP_FCCLK 10000;
```

(2) 定义 IAP 入口地址。

```
#define IAP_ENTER_ADR 0x7FFFFFFF1;
```

(3) 定义 IAP 函数指针。

```
void (*IAP_Entry)(UINT32 IN[], UINT32 OUT[]);
```

(4) 定义 IAP 入口参数和出口参数缓冲区。

```
UINT32 para_in[8], para_out[8];
```

(5) 初始化 IAP 函数指针。

```
IAP_Entry=(void(*)())IAP_ENTER_ADR;
```

通过以上定义, 就可以调用固化在芯片中的 IAP 服务(一般用到选择扇区、擦除扇区、写入扇区、比较扇区 4 项服务), 从而对 Flash 进行擦除和编程写入。LPC2119 微处理器芯片的 IAP 服务支持一次性写入 256BYTE、512BYTE、1024BYTE、4096BYTE, 考虑到该芯片的内部空间, 文中选择在接收 512 字节后, 一次性将 512 字节写入 Flash, 如图 1 所示。

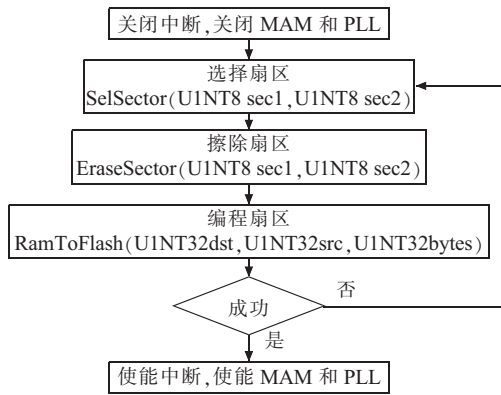


图 1 IAP 程序操作示意图

1.3 ARM 存储空间配置设计

采用升级程序和应用程序完全分离机制,存储空间划分必须保证升级程序不能被升级过程改变。因此,升级程序和应用程序须存放在固定的位置,空间独立不能交叉。因此对 LPC2119 内置 Flash 和 RAM 空间的合理配置是实现 IAP 升级的关键之一。而 IAP 操作又是以扇区为单位进行的,必须熟悉 Flash 空间的扇区分布,同时对扇区进行功能划分。

根据升级程序和应用程序的运行需要,将 LPC2119 内置 Flash 空间划分为 3 个功能区:扇区 0-1 为升级程序存放区;扇区 2-14 作为应用程序区;扇区 15 为 BOOT Block。相应地将内置 RAM 分为 3 个区,应用程序使用区(0x4000 0000-0x4000 2FFE);BOOT 升级程序使用区(0x4000 3000-0x4000 3FDF);IAP 作用区(0x4000 3FE0-0x4000 4000)。

ARM Linker 采用 Scattered 链接方式,生成复杂的 ELF 格式的映像文件,实现 BOOT 程序和应用程序的精确定位。由于 IAP 功能会用到 RAM 空间顶部的 32 字节,因此需在启动代码 Startup.s 文件中的 InitStack 函数中调整各个模式的堆栈空间位置。根据存储空间划分进行.scf 文件配置,如图 2 所示。

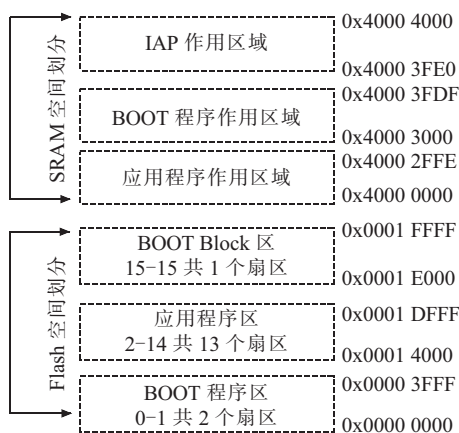


图 2 片内 Flash 和 SRAM 空间分配图

1.4 板卡程序设计

智能保护测试装置上电,组成智能保护测试装置

的各个智能板卡首先执行 Boot Block 中的引导程序,对微处理器进行初始化,如初始化控制器局域网络(CAN)、定时器等。读取 Flash 应用程序数据区域(扇区 2-扇区 14),计算校验和,并判断应用程序数据是否完整,如果应用程序数据完整,则执行跳转程序,跳转到 0x0000 4000 处,运行应用程序,否则执行升级功能程序,并向保护测试装置 CPU 板卡发送报警指令,提示该板卡运行在升级程序状态,提醒下载应用程序。

首先升级程序通过测试装置内部 CAN 总线接收 CPU 板传来的程序升级数据,并将数据编程写入指定 flash 空间,最后对该空间内的应用程序数据进行完整性校验。完整性校验这种机制可以有效防止在程序升级过程中装置突然掉电,程序下载过程中出现误码所导致的下载失败从而不能再次升级程序的问题。升级程序所在区域不可擦除,通过仿真器一次性编程写入,应用程序虽然下载失败,但程序完整性校验不能通过,也就不会跳转运行应用程序,而只能停留在升级程序循环接收 CAN 总线数据阶段,直到程序下载成功,校验通过,才运行应用程序。执行程序完整性校验的一个关键技术点是编程实现对应用程序 bin 文件格式的数据校验,并在程序最后添加 2 个字节的校验和,从而实现对应用程序的完整性校验。

定义应用程序所占用 Flash 空间的地址变量, F_P_S 为开始地址, F_P_E 为结束地址,应用程序完整性校验如下:

```
uint8 CheckFlashAppCRC(void)
```

```
{
    unsigned short *ptr,crc_result=0;
    unsigned long i,len;
    ptr=(unsigned short*)F_P_S;
    len=(F_P_E-F_P_S)>>1
    for(i=0; i<len; i++)
        crc_result += *(ptr++);
    return (crc_result? 1:0);
}
```

p 为指向板卡程序的指针, len 为板卡程序字节长度, bin 程序文件校验代码如下:

```
u_short MakeSoftCRC(u_char *p, int len)
```

```
{
    int num=0 ,i;
    u_short crcval=0,crc,*pData;
    pData=( u_short* )p;
    for( i=0; i<( len/2 ); i++) {
        crc=*(pData++);
        crcval+=crc;
        if(i==size-1) {
```

```

num=(F_P_E - F_P_S)/2 - size - 1;
while (num > 0) {
    crcval+=0xFFFF;
    num --;
} break;
}
return (u_short)(0-crcval);
}
}

```

通过 IAP 功能编程 flash 后,一个重要步骤是在装置不断电的情况下实现程序的跳转:即从升级程序跳转到应用程序运行。当智能保护测试装置各板卡运行在应用程序时,收到程序升级命令需要从应用程序跳转到升级程序,从而完成对应用程序的在线升级。而当智能板卡运行升级程序时,收到升级命令向客户端回答案帧,即可升级程序。定义如下程序跳转函数:

```
#define JumpFlash(addr)((void(*)())(addr))()
```

在运行升级功能的程序时,addr 指向应用程序开始地址 (0x0000 4000);而在应用程序中 addr 需要指向升级功能的程序存放地址(0x0000 0000)。应用程序和升级程序通过该跳转函数进行跳转,并执行相应的函数功能。

2 下载客户端程序设计

通过对智能电网保护测试装置各板卡程序升级的需求分析,客户端需满足以下功能:(1) 对不同数量和不同插槽位置上的板卡进行灵活升级;(2) 对整个装置智能板卡进行程序升级;(3) 为实现一次性下载,需对各种智能板卡程序进行打包及解包操作,数据组包如图 3 所示。根据板卡类型选入程序到发送缓冲区。因升级程序是根据板卡的 CAN ID 号来进行询问升级,所以无论客户端程序还是智能板卡的升级程序及应用程序都应具有板卡类型识别功能,同种类型的板卡下载同一种程序。程序下载流程如图 4 所示。

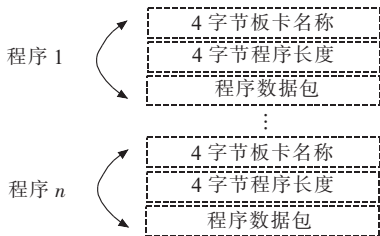


图 3 程序数据包

客户端采用 VC++ 进行代码编写。客户端首先完成 bin 或 hex 文件解析并将程序数据下载给保护测试装置主控 CPU,再由该板卡将数据通过内部总线传送给各个 ARM 智能板卡子 CPU。客户端通过网络连接智能测试装置,召唤智能保护测试装置所有板卡的程

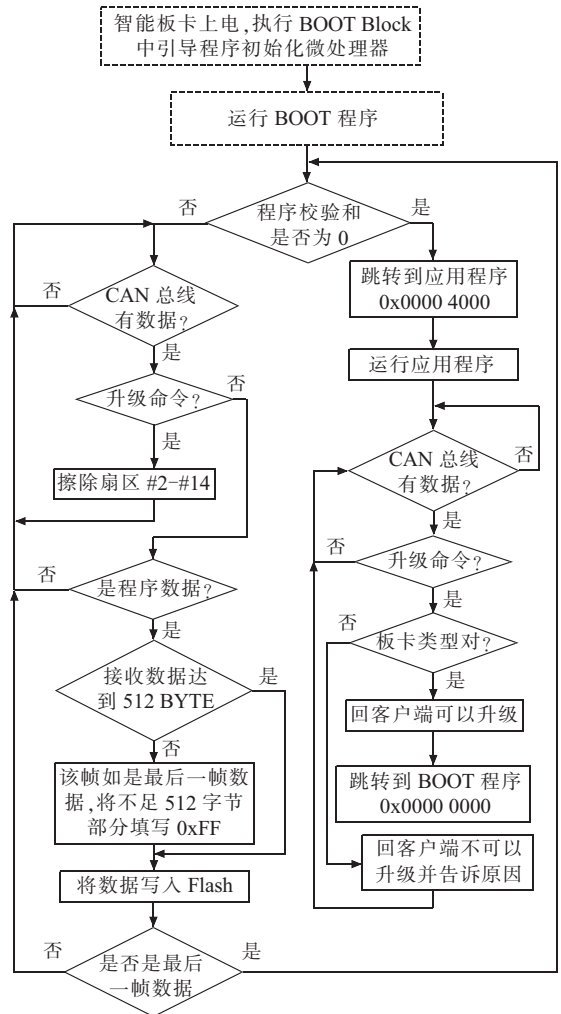


图 4 升级程序流程

序版本,通过校验各板卡程序版本与程序数据包中程序版本及程序编译时间,自动给出程序在线升级提醒;对所有智能板卡程序按照图 3 格式进行打包和解包,对选择的板卡类型及 CAN ID 进行保存,根据板卡类型从程序数据包中选择程序和 CAN ID 进行程序询问式升级。

客户端通过用户数据包协议 (UDP)/ 传输控制协议(TCP)报文与智能保护测试装置智能插件通信。中间需要借助智能保护测试装置 CPU 板进行通信中转。上层:客户端通过 TCP 报文与智能保护测试装置 CPU 板卡进行通信,底层:保护测试装置 CPU 板卡通过 CAN 总线与各智能板卡 CPU 进行数据通信。客户端软件首先根据测试装置的 IP 地址建立 Socket 连接,再从 CAN ID 地址列表中选择第一个板卡属性向测试装置发送程序下载升级命令,智能板卡收到升级命令,跳转到 BOOT 升级程序运行并向客户端发送许可命令,从而完成智能保护测试装置智能板卡程序的灵活在线升级,详见图 4。

3 结束语

产品的自由在线升级功能是产品成熟度的一个重

要标志,灵活的产品在线升级功能不仅为用户提供极大的方便,而且减少了现场维护时间和维护费用。文中结合智能电网保护测试装置的特点,提出了基于网络与内部总线的程序在线升级解决方案,不增加任何硬件成本,仅通过软件架构即可实现该功能,具有一定的通用性和一定的推广使用价值。该程序在线升级方案已在智能电网保护测试装置上实现,结果证明,该方法简单可靠,使用方便、快捷。

参考文献:

- [1] 王治国,李兴建,王言国. 基于统一建模的继电保护测试装置开发研究[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(19):180-181.
- [2] 孟志强,朱良焱,石瑜. 基于 IAP 和 USB 技术的嵌入式程序升级方法[J]. 湖南大学学报(自然科学版),2009,36(6):41-42.
- [3] 李忠安,沈全荣,王言国,等. 电力系统智能装置自动化测试系统的设计[J]. 电力系统自动化,2009,33(8):77-80.
- [4] 胡红兵,李丽君,韩民畴. 继电保护装置自动化测试系统的设

计与实现[J]. 江苏电机工程,2013,32(2):54-56.

- [5] Philips Semiconductors LPC2119/2129/2194/2292/2294US-ER-MANUAL [C/OL]. [2004].http://www.semiconductors.philips.com.

作者简介:

- 王治国(1978),男,河南周口人,工程师,从事电力系统继电保护及自动化测试工作;
- 于哲(1979),男,山西运城人,工程师,从事电力系统继电保护及自动化测试工作;
- 王言国(1977),男,江苏徐州人,系统分析师,从事软件工程师工作;
- 周强(1979),男,湖北武穴人,工程师,从事电力系统控制保护平台软件开发工作;
- 李兴建(1977),男,山东潍坊人,高级工程师,从事电力系统继电保护仿真测试工作;
- 沈全荣(1965)男,江苏吴江人,研究员级高级工程师,从事电力系统继电保护研究、开发和管理工作的。

Research on Online Upgrade Technology of Smart Relay Tester Program

WANG Zhiguo, YU Zhe, WANG Yanguo, ZHOU Qiang, LI Xingjian, SHEN Quanrong
(Nanjing NARI-Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: A brief analysis of the characteristics of Smart Protection Tester is presented. Based on the analysis, a general online upgrade solution for protection device smart card program is proposed and designing details of the program is described. The scheme adopts the mechanism of that the upgrade program and application program are completely separated. Through internal data bus and device network, online upgrading is realized. The proposed method is easy to be implemented, and has been applied into practical engineering projects.

Key words: intelligent protection; testing device; data bus; online upgrade

(上接第 37 页)

整定中的保护范围、灵敏度、可靠性等问题,为工程应用提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 梁少华,申建彬,张杰,等. 发电机注入式定子接地保护方案改造及现场应用[J]. 江苏电机工程,2013,32(1):34-36.
- [2] 张保会,尹项根. 电力系统继电保护[M]. 北京:中国电力出版社,2005:219-224.
- [3] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京:中国电力出版社,1996:131-133,134-137.
- [4] 电力行业继电保护标准化技术委员会. DL/T 684-2012 大型发

电机变压器继电保护整定计算导则[S].

- [5] 张长彦,原爱芳,杨兆阳,等. 发电机定子绕组接地保护整定原则[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(17):65-70.
- [6] 焦斌,周平. 大型发电机三次谐波定子接地保护的探讨[J]. 电力建设,2010,31(2):101-105.

作者简介:

- 张伟伟(1983),男,江苏南通人,工程师,从事电气检修工作;
- 徐静(1985),女,江苏南通人,助理工程师,从事电气检修工作;
- 张婷昉(1985),女,江苏无锡人,助理工程师,从事电气检修工作。

Application and Setting of Stator Ground Fault Protection Based on PCS-985B

ZHANG Weiwei, XU Jing, ZHANG Tingfang
(Huaneng Nantong Power Plant, Nantong 226003, China)

Abstract: The configuration program and setting calculation of the 100% stator ground fault protection based on the NARI PCS-985B equipment are introduced by taking the reform project of generator-transformer-unit protection as an example, and the field testing data validates the correctness of setting calculation. Besides this, the problem of mismatching between the zero-sequence voltage interface of PCS-985B equipment and field device is discussed, and reasonable solution to the problem is provided.

Key words: stator ground fault; setting calculation; zero-sequence voltage; three harmonic voltage