

基于配置文件的航天器供配电测试软件一体化设计方法

赵吉明, 任亮, 杨枫

(中国空间技术研究院, 北京 100094)

摘要: 针对航天器供配电测试系统中信号种类繁多、软件构架通用性差的问题, 设计了一种基于配置文件的软件设计方法, 该方法适用于虚拟仪器应用软件的开发; 软件涵盖了指令控制、参数测量、状态检测等功能, 依靠对配置文件的修改, 使得供配电测试系统根据需求进行调整; 经实践证明此方法不仅提高软件的可扩展性、实现软件结构一体化, 而且延长了软件的生命周期, 在某航天器的供配电测试系统应用中取得了较好的效果; 该方法为复杂的航天器供配电测试软件设计提供了一种通用架构。

关键词: 航天器; 供配电; 配置文件; 软件构架

Design of Spacecraft PSS SCOE Software Integration Based on Configuration Files

Zhao Jiming, Ren Liang, Yang Feng

(China Academy of Space Technology, Beijing 100094, China)

Abstract: A design method of software based on Spacecraft PSS SCOE (Power Supply Special Check-out Equipment) is introduced. By using configuration files, this method is an effective solution for large complex system signals. The software covers the command control, parameter measurement and state detection function. The result shows that this software frame is convenient for PSS SCOE to manage Spacecraft with high level of integration and reliability. The software structure of PSS SCOE is elaborated, and can be used as a general software frame design.

Keywords: spacecraft; PSS SCOE; configuration files; soft frame

0 引言

测试软件是测试系统的核心和关键, 是联系测试系统与被测对象的桥梁, 软件设计的好坏直接影响测试系统的性能。如何最大限度地提高测试软件的通用性, 同时降低成本、缩短开发周期是软件开发迫切要解决的问题。供配电测试系统是航天器测试系统中的重要组成, 通过供配电控制、重要参数测量, 满足各阶段的航天器测试需求^[1-2]。针对某航天器供配电测试系统的软件开发, 提出一种基于配置文件的软件设计架构。该方法较好的解决了测试系统信号种类多、通用性差的问题, 实现了软件结构的一体化。目前, 该软件实现了同类型号间的延用和不同型号间的重用, 取得了较好的效果。该方法对测试系统应用软件的开发有很好的借鉴作用。

1 测试软件需求分析

航天器供配电测试软件功能差异性较小, 综合某航天器技术指标, 供配电测试系统涵盖了指令发送、模拟量测量、开关量测量等复杂测试。对于这样一个执行多种测量任务的综合电子测试系统, 软件的复杂程度很大。软件开发时不仅要实现系统的自动化测试功能, 还要考虑应用程序的一体化, 提高软件的通用性和可维护性^[3]。软件的具体软件需求如下:

(1) 有线控制指令。向航天器发送有线控制指令, 实现供配电控制及航天器重要设备的工作状态控制(例如应答机和星载计算机的加、断电); 恢复航天器磁保持继电器状态(例如火工品起爆后解锁复位指令); 实现地面电源及太阳能电池阵模拟电源的供配电控制; 必要时实现对航天器的紧急关机。

(2) 模拟量参数测量。供配电系统对航天器关键设备的参数提供有线方式的测量, 并记录航天器通过有线下行的数据, 将有线数据发送至测试主服务器; 有线测量方式的可靠性很高, 在航天器通信链路出现故障时, 可通过观测有线参数判断型号的供电安全、健康状况^[4]。

(3) 开关量的检测。对航天器的数字量输入信号进行检测, 例如某型号主要采集火工品起爆信号; 实现航天器与测试系统信息匹配及隔离。

航天器典型的供配电测试系统结构如图1所示, 可实现多种测试功能。由于某航天器被测设备数量众多, 因此整个测试系统庞大, 信号复杂繁多。通过虚拟仪器技术将多个测量设备集成到一个PXI平台的系统之中。这样一个功能多样的测试系统的硬件实现不再困难。因此, 系统开发的主要任务为软件设计。如何能够跨平台、跨型号复用软件模块, 避免不同型号之间的反复开发和版本增殖的问题, 是软件设计时要考虑的问题。

2 软件设计

根据系统需求设计出合理的架构, 通过基于配置文件的软件设计方法, 满足测试系统的需求, 灵活的完成测试任务。

收稿日期: 2014-03-03; 修回日期: 2014-04-12。

基金项目: 2012年佛山市产学研合作项目(2012HC100195)。

作者简介: 赵吉明(1963-), 男, 山东人, 研究员, 主要从事航天器综合测试技术方向的研究。

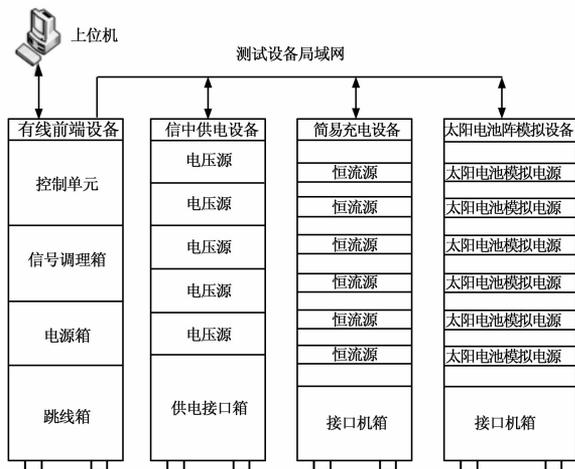


图 1 航天器典型供配电测试系统结构图

2.1 软件构架

软件构架要满足不同测试对象的通用构架, 因此软件结构采用了易于扩展的层次构架的应用模型。依据每部分的逻辑功能不同, 将软件结构分为: 配置服务层、测试处理层、硬件适配层等 3 个基本层次。在实际应用中可根据需要, 将某些层次再按更细粒度的系统功能划分为多个子层, 在本框架的应用中将测试处理层分成了数据采集子层、数据显示子层、数据存储子层和指令控制子层。每个层次完成相对独立的系统功能, 并设计成相应的构件。软件结构如图 2。

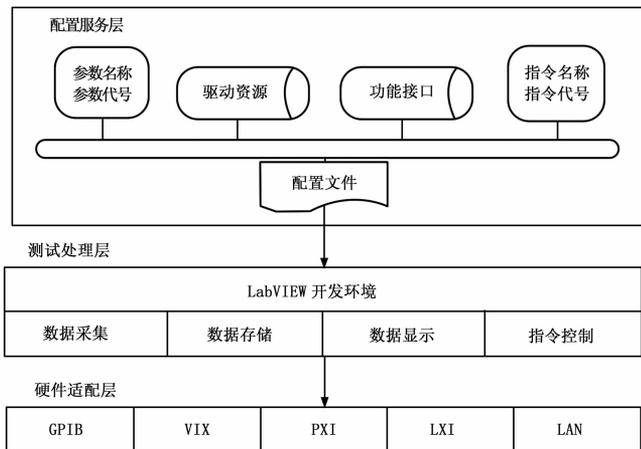


图 2 基于配置文件的航天器供配电测试软件构架

1) 配置服务层。该层是以配置文件为核心设置并存储被测对象的信息, 定义测试资源的配置, 根据设计需求对组成部件的功能进行相应的增减。例如: 指令的多少、采集量的数量、地面电源的台数。该层是实现面向“测试任务”虚拟仪器软件设计的基础, 把测试系统的相似操作统一起来。

2) 测试处理层。根据配置信息自动完成数据采集、数据显示、数据存储和指令控制。

3) 硬件适配层。提供测试系统与被测对象间的数据交互, 软硬件接口标准及相关通信协议。包括测试资源之间的通信接口标准, 电气指标及时序的定义, 软件系统之间数据的收发格式。硬件接口包括 GPIB、VXI、PXI、LAN, 接口类型复杂, 为了对不同类型设备操作时严格时序, 没有采用针对每个接口

的层次化设计, 选择了一体化设计, 硬件适配层的设计使测试系统建立针对不同软、硬件被测对象的数据通信, 从而使测试系统具有很好的通用性和重用性。

基于配置文件的航天器供配电测试软件模型把软件设计与硬件设计的区分开来, 通过配置文件实现了面向“测试任务”的软件设计, 提高了软件开发的灵活性和效率。通过对系统配置文件的修改, 使得供配电测试系统根据需求变化进行适应性调整, 并保证系统的稳定性。最大限度地提高了软件设计的灵活性和效能, 同时降低软、硬件集成成本, 缩短了开发周期。

2.2 配置文件设计

配置文件用来存储系统参数信息, 有多种常见形式, 如文本文件、INI 文件等。为了灵活地表达复杂的配置参数, 设计时选择使用 EXCEL 表格作为配置文件, 从而在配置信息的存储、读取上都更便捷, 文件形式简单、便于修改。这种通过表格驱动的文件具有通用性和易于扩展性。可以直接调用或在其基础上修改使用。

下面给出配置文件的示例。配置文件为 Excel 表格, 在软件中为指令控制表和参数采集配置表。在表 1 中, 每一行代表一条指令, 包括指令代号、指令内容以及对应 PXI 指令板卡的通道。在表 2 中, 每一行代表一个需要采集的参数, 包括参数代号、参数内容以及对应的 PXI 采集卡的通道。其中第三列数字 1 或 0 分别表示使用还是留做备份, 便于根据测试需求灵活的配置资源。EXCEL 表格使配置信息更加严格, 使软件具有通用性、扩展性。

表 1 指令控制配置表示例

型号	板卡通道	指令代号	是否使用	指令内容	指令类型	指令宽度
XX	1	XX001	0	备份	0	0
XX	2	XX002	1	XX 指令	1	100
XX	3	XX003	1	XX 指令	1	100
XX	4	XX004	1	XX 指令	1	100
XX	5	XX005	0	备份	0	0
XX	6	XX006	0	备份	0	0
XX	7	XX007	1	XX 指令	1	100

注: 0 表示不使用, 1 表示使用。

表 2 参数采集配置表示例

型号	板卡通道	参数代号	是否使用	参数内容	参数类型	修正系数
XX	1	XX001	1	XX 设备电压	A	22
XX	2	XX002	1	XX 分流信号	A	5
XX	3	XX003	1	XX 压力显示	A	2
XX	4	XX004	0	备份	0	0
XX	5	XX005	1	XX 解锁信号	D	1
XX	6	XX006	0	备份	0	0
XX	7	XX007	1	XX 接通指示	A	1

注: 0 表示不使用, 1 表示使用; A 表示模拟量, D 表示数字量。

针对每个型号测试需求可灵活的编辑配置文件, 配置结果通过软件人机交互界面显示。

3 应用与分析

软件程序采用面向对象的 LabVIEW 语言实现。程序读取配置文件, 将其解析为相应的指令和参数数组, 通过事件

(下转第 2320 页)

EXCHANGE_ENABLE 标志, 若可交换则交换读写指针指向的缓存区, 之后置 EXCHANGE_ENABLE 为 FALSE 状态并激活同步事件对象。此外, 为保证逻辑流程的数据一致性, 两个线程中与同步控制相关的流程必须放在关键区中执行^[5]。

4 模式的编码实现与测试

4.1 模式的编码实现

本模式以一个 MFC 规则动态链接库的方式实现, 可以被其他应用程序链接调用, 提供的外部接口函数如表 1 所示。

表 1 导出函数列表

导出函数	功能
CTRInitialCommSrv	初始化串口
CTRSetCommSettings	涉及串口参数
CTROpenComm	打开串口
CTRStartRdCommThrd	启动串口读取线程
CTRGetRdCommThrdState	获取串口读取线程状态
CTRStopRdCommThrd	停止串口读取线程
CTRCloseCommSrv	关闭串口
CTRDeleteSyncParams	删除读写同步参数
CTRGetCommData	获取串口数据
CTRWrComm	写串口(发送数据)

其中, CTRInitialCommSrv 用于初始化串口服务, 设置该串口是否采用重叠 I/O 方式, 并返回一个指向目的串口的句柄, CTRSetCommSettings 利用该句柄设置波特率、数据位、停止位、校验方式等参数, CTROpenComm 利用该句柄打开串口开始数据收发工作。CTRStartRdCommThrd 启动串口数据接收线程, CTRGetCommData 读取已接收到的数据。CTRWrComm 则通过串口向外发送数据。

4.2 测试及效果评估

在测试环境中, 下位机通过高速串口传输 JPEG 标准的红外图像压缩码流, 图像尺寸为 640 * 480, 压缩比为 12.5, 高速串口波特率为 2.5M, 传输带宽几乎全部被占用。读取串口子线程读取图像压缩码流, 数据处理子线程对压缩码流进行解压并显示图像, 单幅图像解压耗时约为 40 ms。如图 4 所示为

解压出的红外灰度图像。

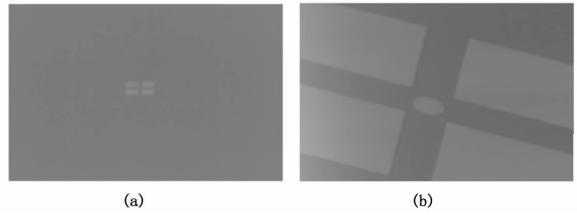


图 4 传输红外灰度图像压缩码流及解压测试

在测试过程中, 在每秒解压图像达 12 帧的状态下, 未出现数据丢失的情况, 图像场景匀速。测试结果表明, 提出的多线程设计模式解决了高速串口上位机软件设计中因串口缓冲区溢出导致的数据丢失问题, 提出的同步控制逻辑解决了串口数据接收与耗时可观的后续数据处理任务之间的同步问题。

5 结语

考虑到串口传输带宽的占用率、后续数据处理任务的耗时程度, 串口的上位机软件设计方法应根据实际应用环境来选择。在低速串口和后续数据处理任务耗时较少的情况下, 采用微软的 MSComm 控件能减少代码量、简化设计; 对于后续数据处理任务耗时较多的情况下, 无论高速串口还是低速串口, 应采用多线程设计方式, 既能提高数据处理的实时性, 又能降低读取不及时而导致串口缓冲区溢出的风险。

参考文献:

[1] 王中训, 徐超. 基于 VC++6.0 的多串口通信方法 [J]. 计算机应用, 2008, (6): 254-256.
 [2] 赵晓辉, 陈艳萍, 张科英. 基于 VC++ 环境下串口通信的研究与实现 [J]. 电子设计工程, 2010, (1): 39-40.
 [3] 石海杰, 常虹. 基于 VC 的多线程串口通信程序设计 [J]. PLC & FA, 2009, (9): 65-66.
 [4] 申晓宇, 赵毅强. 多线程串口类在实时数据采集系统中的应用 [J]. 计算机时代, 2010, (1): 28-30.
 [5] 杨旭东, 蔡敬坤. 一种通用串口线程在 C++ Builder 中的实现 [J]. 计算机测量与控制, 2011, (7): 1687-1689.

(上接第 2317 页)

管理器、while 循环以及对硬件系统的初始化, 可成功利用配置文件实现测试系统设置。软件构架采用 2.1 节的结构, 其中测试处理层是整个系统的核心, 它的实现是基于配置文件的形式。系统的人机交互界面, 主要分为信息记录、参数显示、指令控制三部分, 软件用户界面良好, 有方便易学的人机对话窗口。

该软件缩短了设计人员的开发时间, 实现了同型号类型的通用和不同型号之间的重用, 具备高度的通用性, 延长了软件的生命周期^[5-8]。

4 结束语

本文设计了一种基于配置文件的供配电测试软件的设计方法, 实现复杂测试需求的灵活选配, 解决了不同型号之间软件的通用问题, 在某航天器的测试应用中取得了良好效果。该方法可为复杂的航天器供配电测试软件设计提供了一种通用架构。目前已在多个重要型号中应用, 具有较高的应用价值。该方法将在航天器研制中发挥更大作用。

参考文献:

[1] 王庆成. 航天器电测技术 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2007.
 [2] 王建军, 马楠, 李立. 卫星星座地面供配电测试系统研制 [J]. 航天器环境工程, 2010, 27 (3): 346-350.
 [3] 赵琳, 翟正军, 周健. 基于配置文件的测试软件结构一体化设计方法 [J]. 测控技术, 2011, 30 (5): 94-98.
 [4] 阎梅芝, 李立, 章雷, 等. 环境减灾-1A、1B 卫星供配电测试系统设计 [J]. 航天器工程, 2010, 19 (2): 121-127.
 [5] 刘兆存, 范玮佳. 软件过程中可复用需求分析 [J]. 重庆理工大学学报, 2012, 26 (1): 53-60.
 [6] 安幼林, 杨锁昌, 黄考利. 基于功能接口的网络化 ATS 软件平台研究 [J]. 计算机测量与控制, 2007, 15 (6): 810-812.
 [7] 杨占龙, 陈航, 杨虎. 通用鱼雷模拟器适应性软件开发 [J]. 计算机工程, 2011, 37 (24): 290-292.
 [8] 刘金宁, 孟晨, 崔少辉, 等. 基于配置文件的虚拟仪器测试软件设计与实现 [J]. 电力自动化设备, 2005, 25 (1): 50-53.