

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2016.07.018

引用格式:王战江. 综合化航空电子系统中的热重启设计[J]. 电讯技术, 2016, 56(7): 815-819. [WANG Zhanjiang. Design of warm restart in integrated avionics system[J]. Telecommunication Engineering, 2016, 56(7): 815-819.]

综合化航空电子系统中的热重启设计*

王战江**

(中国西南电子技术研究所, 成都 610036)

摘要:为解决综合化航空电子系统中冷重启时大电流冲击导致的电子元器件加剧老化问题, 以及避免冷重启时系统中无需重启部分正常工作被中断现象, 提出将热重启引入综合化航空电子系统设计中。结合综合化航空电子系统的控制结构和处理器的复位功能, 分析了热重启在综合化航空电子系统中实现的可行性, 给出了实现热重启的软硬件设计方法。经过实验验证, 热重启能够有效解决冷重启方式在综合化航空电子系统的弊端。

关键词:综合化航空电子系统; 功能处理通道; 热重启; 硬件设计

中图分类号: TN802; V243 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-893X(2016)07-0815-05

Design of Warm Restart in Integrated Avionics System

WANG Zhanjiang

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: Warm restart is proposed in order to solve the problems arising from the process of cold restart in integrated avionics system, which are the aggravation of the aging process of electronic components hit by huge transient current and the interruption of normal functions requiring no restart. According to the control structure of integrated avionics system and the reset function of processors, feasibility to realize warm restart is analyzed, and software and hardware project solutions are provided. Experimental results show that warm restart can effectively solve the disadvantage caused by cold restart in integrated avionics system.

Key words: integrated avionics system; function processing channel; warm restart; hardware design

1 引言

综合化航空电子系统(第四代综合航空电子系统)^[1]由位于机架外的综合化天线孔径和承载现场可更换模块(Line Replaceable Module, LRM)的机架组成, 机架中的LRM模块通常分为综合化的射频前端类模块、信号处理类模块、数据处理类模块和控制管理类模块等几大类^[2]。LRM模块采用多处理单元设计方法, 以充分利用高度发展的微电子技术, 最大程度减小系统的体积和重量。根据任务规划, LRM模块中的相关处理单元加载相应的功能处理软件, 配合机架外的天线孔径, 即可组成从天线到基

带的完整处理通道, 实现目标功能。

综合化航空电子系统机架中LRM模块通常采用统一的28 V直流供电, 由机架外的一个或几个加电开关控制关加电。当系统中的一个功能处理通道由于软件故障或根据需求需要重启时, 需通过机架外的加电开关断电后再加电实现。通过加电开关的冷重启方式不但中断系统中共用该加电开关的其他功能处理通道的正常工作, 加电时由于电子元器件需要承受瞬态的大电流冲击, 会加快元器件的老化速度, 进而影响系统可靠性。热重启可以实现带电重启^[3], 能有效避免上述冷重启对系统的不

* 收稿日期: 2016-01-08; 修回日期: 2016-05-04 Received date: 2016-01-08; Revised date: 2016-05-04

** 通信作者: clara3w@163.com Corresponding author: clara3w@163.com

良影响,同时,热重启不会造成重启功能处理通道的随机存取存储器 (Random - Access Memory, RAM) 数据丢失,重启前的工作状态能够快速恢复^[4]。因此,热重启在综合化航空电子系统中具有重要的应用价值。

目前,国内外的文献尚没有对热重启在综合化航空电子系统中的应用进行研究。本文将热重启设计思想引入到综合化航空电子系统中,对综合化航空电子系统中热重启实现的可行性进行了分析,给出了实现热重启的软硬件设计方法,并通过实验进行了验证。

2 综合化航空电子系统控制结构分析

航空电子系统涉及的功能庞大,通常由多个综合化机架组成,在控制管理结构上采用分层控制架构^[5],分为系统级控制管理、机架级控制管理、功能级控制管理和模块级控制管理,控制管理层次如图 1 所示。

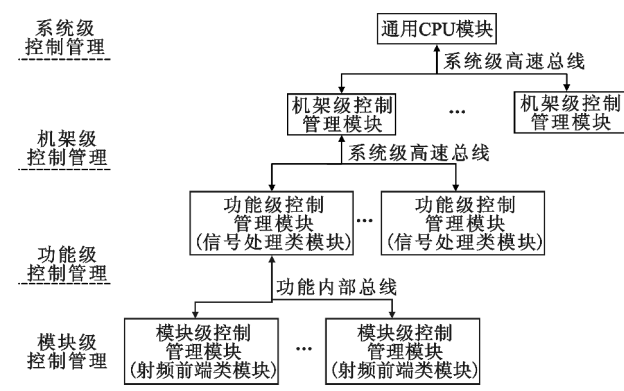


图 1 控制管理层级示意图

Fig. 1 Diagram of control management level

系统级控制管理是系统的顶层控制管理中心,实体通常为高性能的通用中央处理器 (Central processing unit, CPU) 模块,采用系统级高速总线 (例如 SRIO 总线) 与航空电子系统各机架互连,完成对系统各机架的统一控制管理,同时连接显示器,提供对系统状态和参数的实时显示。

机架级控制管理用于对机架内各功能处理通道的控制管理,一般由通用数据处理模块实现,采用与系统级控制管理相同的高速总线与各功能处理通道互连,以简化系统设计。

功能级控制管理用于各功能处理通道内部的控制管理,通常由该功能处理通道中的信号处理类模块兼顾完成。

模块级控制管理主要是射频前端类模块在收到功能处理通道中信号处理类模块发送过来的控制参数,实现对自身状态的控制管理,射频前端类模块主要有通用射频接收类模块、射频发射类模块和射频功放类模块等。

3 综合化航空电子系统中的热重启可行性分析

综合化航空电子系统中的某项功能主要由机架信号处理类模块和射频前端类模块中的通用处理单元加载相应的功能处理软件构建,以超短波接收通信为例:系统操作员通过显示器选择当前某一空闲处理通道为超短波接收功能,系统级的通用 CPU 模块将该指令发送到被选空闲处理通道所在的机架控制管理模块,机架控制管理模块将该指令分发到空闲处理通道的信号处理模块,信号处理模块解析该指令后控制模块内的空闲处理单元以及射频前端模块中的空闲处理单元加载相应波形接收处理软件,构建一条从射频到基带的功能处理通道,实现超短波接收通信功能。

综合航空电子系统中的某一功能处理通道由于只占用信号处理类模块和射频前端类模块的部分硬件电路,如果该功能处理通道热重启,不会影响系统中其他功能的正常使用。

综合化航空电子系统中的热重启主要用于含有软件的各类处理器重启,以便修复软件故障或方便系统使用,涉及到的处理器包括常用的数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP)、CPU 和现场可编程门阵列 (Field Programmable Gate Array, FPGA) 等,这几种处理器在硬件设计上都具备复位引脚,对这些处理器的复位引脚施以器件规定的时序逻辑,即可实现处理器的重启。系统级控制管理单元和机架级控制管理单元物理上独立于功能处理通道,当系统中某一功能处理通道需要重启时,可以通过系统级控制管理单元和机架级控制管理单元产生功能处理通道各类处理器需要的复位信号,从而实现功能处理通道的非断电重启,即综合化航空电子系统中功能处理通道具备热重启的可行性。

4 综合化航空电子系统中的热重启设计

4.1 硬件设计

通过上文的描述可知,综合化航空电子系统中的热重启主要针对系统中需要重启的功能处理通

道,而机架中的各功能处理通道由机架控制管理模块统一管理,功能处理通道重启时,机架控制管理模块不需要重启。因此,机架中的各功能处理通道热重启在硬件设计上可以采取两种设计方案。

方案一:由机架控制管理模块对机架内的各处理通道提供硬件复位信号,机架控制管理模块通过使能需要重启功能处理通道对应的复位信号,实现热重启^[6]。由机架控制管理模块提供硬件复位信号的热重启硬件设计如图 2 所示。

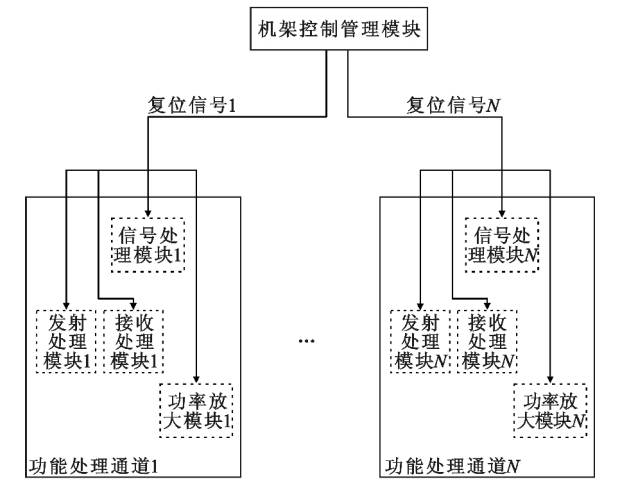


图 2 硬件复位信号实现热重启示意图
Fig. 2 Diagram of warm restart using hardware reset signal

由于机架内的系统规模较大,各功能处理通道的复位信号驱动距离较远,且每个复位信号需要实现对一个功能处理通道中的多个处理器复位,硬件复位信号需要选择驱动能力较强的总线型信号,建议选用“RS485”电平信号或集电极开路(Open Collector, OC)门输出的开漏信号。同时,考虑到机架内的电磁环境复杂,复位信号必须具备强抗干扰能力,以避免由于机架内的噪声干扰导致的误复位。可以采取的措施有屏蔽电缆走线,并远离机架中的大功率干扰。如果是背板走线,则复位信号要用屏蔽地全程屏蔽保护。

方案二:由机架控制管理模块对机架内的各处理通道下发热重启命令,处理通道中的功能模块解析热重启命令后实施自我重启。根据国内综合化航空电子系统的设计经验,机架内的 LRM 模块在业务总线外还采用专用的健康状态管理控制器局域网(Controllor Area Network, CAN)总线与机架控制管理模块互连^[7],LRM 模块中设计独立的 CAN 总线协议处理子系统,以确保 LRM 模块的健康状态管理。该热重启方案即采用机架控制管理模块通

过 CAN 总线对需要重启的功能处理通道 LRM 模块下发命令,LRM 模块中的 CAN 总线协议处理子系统解析命令,产生复位信号对 LRM 模块中的功能处理单元复位。该方案的硬件设计如图 3 所示。

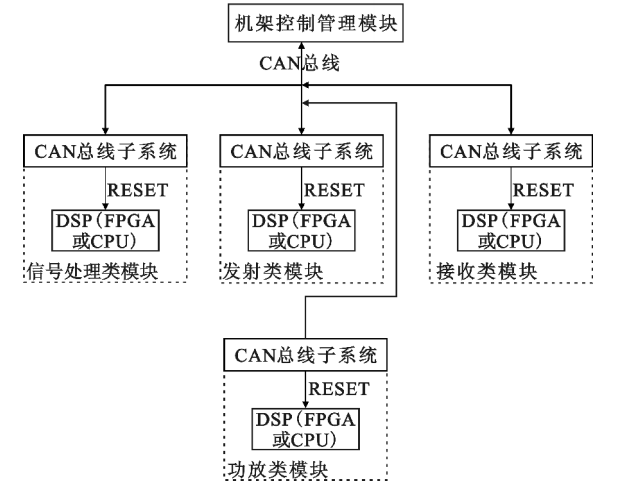


图 3 命令式热重启硬件设计框图
Fig. 3 Hardware diagram of warm restart using commands

两种硬件设计方案的优缺点如表 1 所示。
表 1 两种硬件设计方案的优缺点比较
Tab. 1 Comparison between two hardware projects

方案	优点	缺点
方案一	由机架控制管理模块直接使能专用复位信号复位,响应速度快	每个功能处理通道需要设置专门的复位信号;复位信号在模块间传输易被干扰
方案二	通过协议下发复位命令,可靠性高;CAN 总线具有较好的抗干扰能力	通过协议发送命令,响应速度慢

因此,方案一适用于实时性要求高且机架内干扰相对较小的系统,而方案二则适用于高可靠性要求但对时间不太苛刻的系统。

4.2 软件设计

综合化航空电子系统中的热重启设计可以根据具体的应用场景选择上述的硬件方案,同时还需要通过软件设计进行支撑,以进一步加强可靠性。

某一功能处理通道需要重启时,由操作员通过系统控制管理模块下发热重启命令给机架控制管理模块。采用硬件方案一时,机架控制管理模块解析热重启命令后产生复位信号重启功能处理通道,功能处理通道启动结束后射频前端类模块上报启动就绪状态给信号处理类模块,信号处理类将启动完成信息汇总后统一通过机架控制管理模块上报

系统控制管理模块,系统控制管理模块将功能处理通道启动完成信息送显示器显示,系统操作员即可

通过该功能处理通道进行后续的功能任务处理。软件处理流程如图 4 所示。

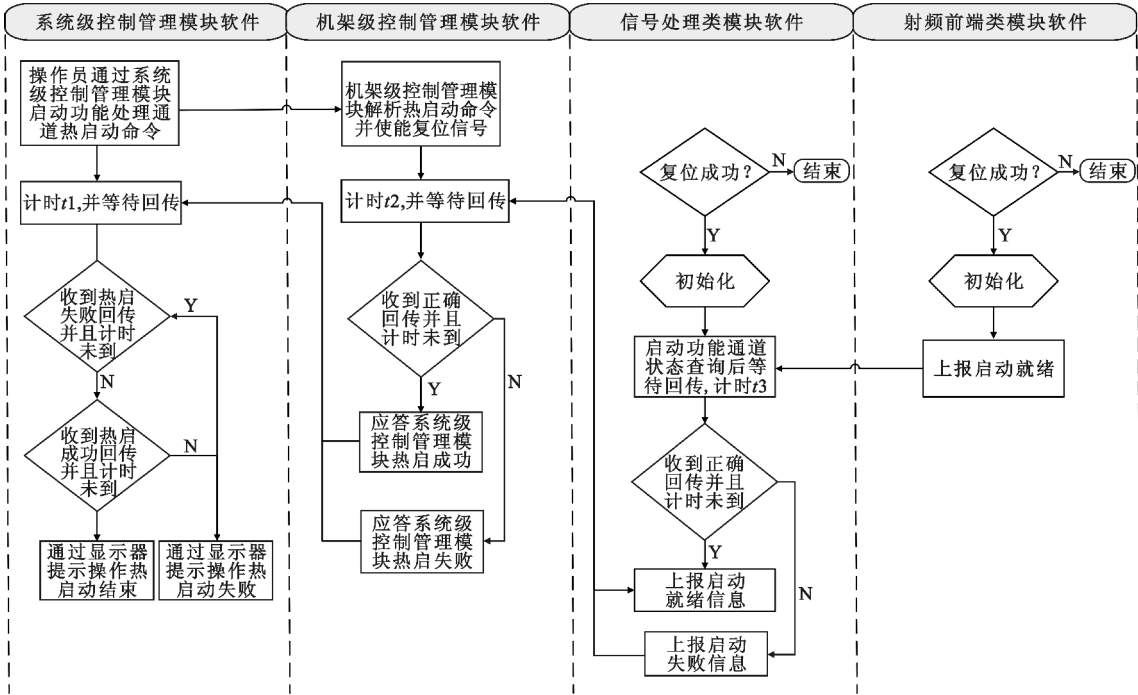


图 4 对应硬件方案一软件流程图
Fig. 4 Software flow of hardware project 1

硬件方案二通过 LRM 模块中的 CAN 独立子系统实现热重启动,流程如图 5 所示,热重启动软件主

要在 CAN 独立子系统实现,对功能软件影响较小。

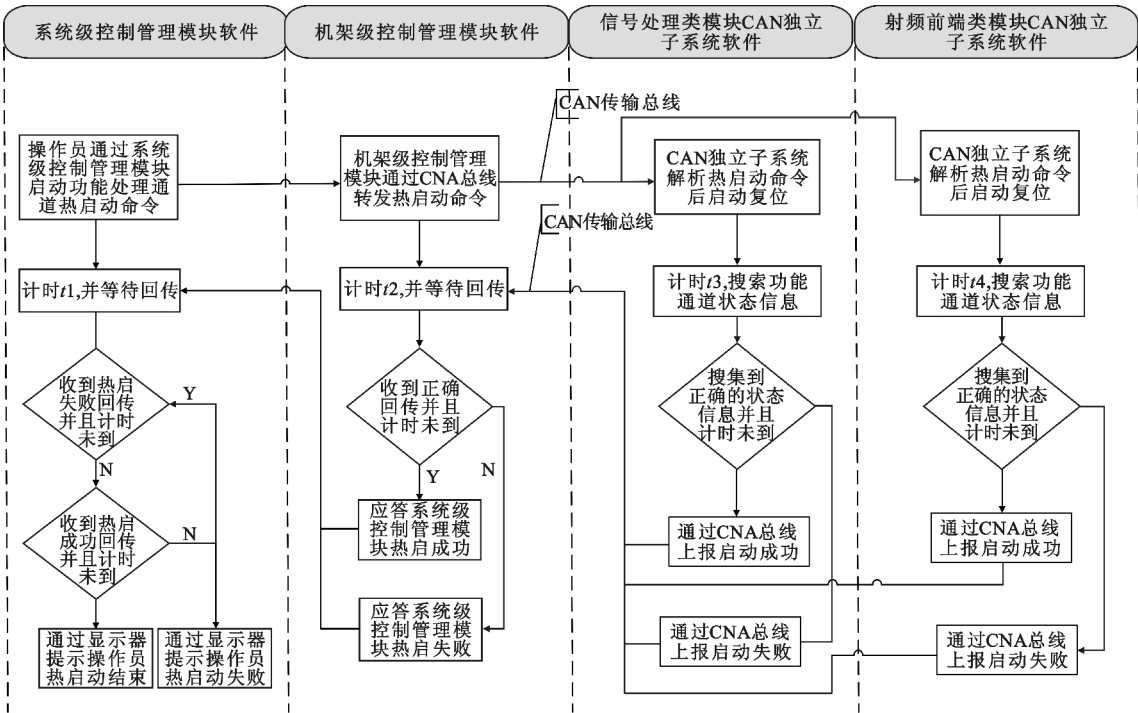


图 5 对应硬件方案二软件流程图
Fig. 5 Software flow of hardware project 2

5 综合化航空电子系统中的热重启动设计验证

针对上文的热重启动软硬件设计方法,在项目中进行了实验验证,验证选取相对简单的第一种硬件设计方案。该验证项目为某型独立端机,采用综合化设计思想,端机主要由控制管理模块、信号处理模块、射频类模块和电源模块组成,其中的信号处理模块、射频类模块均包含 4 个独立的处理单元,信号处理模块中的处理器选用的是 TI 公司的 TMS320C6416 型 DSP 和 XILINX 公司的 XC5VLX50 型 FPGA,射频类模块中处理器选用的是 XILINX 公司的 XC4VLX25 型 FPGA,DSP 的复位引脚 n_RESET 脚和 FPGA 的复位引脚 n_PROG_B 脚连接控制管理模块 FPGA 的输入/输出(Input/Output,I/O)引脚,DSP 和 FPGA 处理器的复位引脚均为低有效。实验在实验室进行,采用商用计算机模拟系统级控制管理,通过以太网与被测设备连接。

操作员通过计算机下发第一个处理通道重启动命令,控制管理模块的 PPC 处理器解析重启动命令,通过控制管理模块内的 FPGA 模拟第一个处理通道的复位信号复位时序,拉低10 ms后再置高状态,第一个处理通道的处理器开始复位,700 ms左右计算机收到第一个处理通道上报的启动完成指令。与冷重启动进行启动过程各项指标对比,结果详见表 2。

表 2 热重启动和冷重启动指标对比
Tab. 2 Specification comparison between warm restart and cold restart

启动方式	启动时间/ms	其他处理通道正常工作	启动电流/A
热重启动	700	无中断	约 4
冷重启动	90 000	中断	约 9
备注	冷重启动时,控制管理模块的 PPC 需要重启,启动时间约 90 000 ms		
	冷重启动时,不需要重启动的处理通道由于断电导致业务中断		
	冷重启动时由于电源特性,冲击电流较大		

由表 2 可知,热重启动相对冷重启动可以避免其他处理通道正常工作被中断,同时在启动时间和启动电流两项指标上也得到了明显的提升。

6 结束语

综合化航空电子系统采用通用化设计思想,机架中的各功能处理通道由通用化 LRM 模块构建,并由系统统一供电,当其中的一个功能处理通道需要重启动时,通过机架外加电开关的冷重启动方式,不

但中断其他正常功能处理通道,加电时的大电流冲击还加剧了系统中电子元器件的老化速度,影响系统可靠性。为克服这些弊端,本文提出了综合化航空电子系统中的热重启动设计思想,给出了两种实现热重启动的软硬件设计方法,对其中一种方法在项目中进行了实验验证,说明热重启动设计能有效避免冷重启动的缺陷,同时加快重启动进程。

基于实际情况,本文的实验验证在多通道功能端机进行,电路规模和系统复杂度远小于实际的综合化航空电子系统,因此,下一步工作重点是在实际综合化航空电子系统进行热重启动设计的实验验证。

参考文献:

[1] 张凤鸣,褚文奎,樊晓光,等.综合模块化航空电子体系结构研究[J].电光与控制,2009,16(9):47-51.
ZHANG Fengming,CHU Wenkui,FAN Xiaoguang,et al. Research on architecture of integrated modular avionics [J]. Electronics Optics & Control,2009,16(9):47-51. (in Chinese)

[2] 代华山.通信导航识别综合化机架设计及关键技术分析[J].信息技术与信息化,2014(2):141-144.
DAI Huashan. Design and key-technology analysis of integrated CNI frame[J]. Information Technology and Informatization,2014(2):141-144. (in Chinese)

[3] 王水成,栾正红.微机的启动方式及合理使用[J].中国设备工程,2004(11):28-29.
WANG Shuicheng,LUAN Zhenghong. Start-up mode and fair use of microcomputer[J]. China Plant Engineering, 2004(11):28-29. (in Chinese)

[4] 陈波,廖颖,黄强.一种嵌入式系统复位时现场自动恢复的方法[J].电子质量,2009(2):84-86.
CHEN Bo,LIAO Ying,HUANG Qiang. Atechnology for embedded systems to resume working context when be reset [J]. Electronics Quality,2009(2):84-86. (in Chinese)

[5] 姜春强. ASAAC 标准体系架构述评[J].电讯技术,2008,48(12):98-102.
JIANG Chunqiang. Review of ASAAC standard system architecture [J]. Telecommunication Engineering, 2008, 48 (12):98-102. (in Chinese)

[6] 李亚捷.一种FPGA+多DSP系统复位信号的设计方法[J].微计算机信息,2010,26(2):31-35.
LI Yajie. Design of reset signal for the system of FPGA and multi-DSP [J]. Microcomputer Information, 2010, 26 (2):31-35. (in Chinese)

[7] 杨斌,李阜东. CAN 总线在航空模块化综合系统中的应用[J].电讯技术,2009,49(5):43-48.
YANG Bin,LI Fudong. Application of CAN bus in modular integrated avionics systems [J]. Telecommunication Engineering,2009,49(5):43-48. (in Chinese)

作者简介:



王战江(1979—),男,河南安阳人,2011年获硕士学位,现为工程师,主要研究方向为航空电子系统、通信系统等。
WANG Zhanjiang was born in Anyang, Henan Province, in 1979. He received the M. S. degree in 2011. He is now an engineer. His research concerns avionics system and communication system.
Email: clara3w@163.com