

2020 年北京市科学技术奖提名公示内容（公告栏）

一、项目名称

北斗三号综合电子计算机系统关键技术及应用

二、候选单位

1、北京控制工程研究所;2、中国科学院计算技术研究所;3、中国人民解放军国防科技大学;4、北京轩宇空间科技有限公司;5、北京轩宇智能科技有限公司

三、候选人

1、华更新;2、刘波;3、刘鸿瑾;4、吴一帆;5、李晓维;6、池雅庆;7、梁洁玫;8、文亮;9、冯丹;10、王振华;11、李华伟;12、彭飞;13、刘伟杰;14、范立明;15、赵云富;16、彭宇;17、乔磊;18、孙晓枫;19、王冀山;20、叶靖;21、高瑛珂;22、万丽景;23、宋睿强;24、边旭辰;25、赵玮;26、刘超伟;27、江耿丰;28、王健蓉;29、句美琪;30、王天成

四、项目简介

本项目属于计算机领域。星载计算机是航天器的控制和数据处理中枢，关系到航天器在轨稳定可靠运行并完成预定任务。综合电子(ICDE)计算机系统是星载计算机的创新发展方向，对提升我国星载计算机产品的全球竞争力意义重大。

北斗三号规划了 30 颗卫星，需要解决一箭多星、快速部署、自主可控和十五年稳定可靠工作等难题。本项目研制了我国首个在轨应用的宇航级多核系统芯片 SoC2012 及多核操作系统 SpaceOS-MP，在此基础上研制成功我国首套集控制和数管功能为一体、全国产器件、批量化生产与应用的 ICDE 计算机系统。主要创新如下：

1. 提出并研制了全国产器件的北斗三号综合电子计算机系统，发明了融合故障诊断、隔离和系统重构的高可靠高集成 ICDE 计算机系统架构，在集成度、处理速度、数据交换速率、可靠性等方面达到业界最高水平。
2. 提出了结合多核并行容错及抗单粒子加固技术的空间 SoC 抗辐射技术，设计了多核处

理器并行容错架构，研制了高性能抗辐射系统芯片 SoC2012，性能达 300MIPS，SEU 小于 $3.8\text{E}-8$ 个/器件/天，填补了国产星载高性能抗辐射多核片上系统的空白。

3. 提出并研制了满足星载综合电子应用需求的多核实时容错操作系统 SpaceOS-MP，首次在星载多核系统中实现了多核任务均衡和强实时控制，在任务调度、内存管理的时间复杂度上优势显著，容错和实时性指标居国际领先。

4. 研制了适应空间复杂环境的综合电子系统自动测试验证平台，实现了从芯片、软件至系统的测试自动化，显著提升了信号完整性和硬件安全隐患的检测能力，保障了系统的正确性、可靠性和安全性，提高了北斗三号组网星的批产能力。

获授权发明专利 115 项(国际专利 2 项)，集成电路布图 4 件，论著 180 余篇/部。经叶培健、侯朝焕、郝跃等院士评定：成果原创性强，整体技术复杂，整体达到国际先进水平；融合故障诊断、隔离和系统重构的高可靠高集成综合电子计算机系统架构，结合多核并行容错及抗单粒子加固技术的空间 SoC 抗辐射技术，达到国际领先水平。项目 2015 年首次整体应用，保障了北斗三号组网星系统的成功组建和全球卫星导航系统的稳定可靠运行。并应用于通信、遥感等 70 余颗卫星，是我国星载综合电子领域的突破，具有重大战略意义。近三年在北京市新增直接经济效益 17.5 亿元，创造了重大的社会效益。本项目成果带动了星载计算机技术的进步，巩固提升了我国新型星载计算机产品的全球竞争力。

五、主要知识产权支撑材料目录（限 10 个）

序号	知识产权类别	名称	国（区）别	授权号	授权公告日	发明人	权利人
1	发明专利权	基于累计判别时序的综合电子系统故障隔离方法及系统	中国	ZL201810579142.6	2018-12-21	王健蓉, 杨春河, 万丽景, 王振华, 曹志威, 董晓刚, 党纪红, 王玉峰, 吕楠	北京控制工程研究所
2	发明专利权	一种星载控制计算机的重构方法	中国	ZL201510036911.4	2015-04-29	杨孟飞, 董阳阳, 刘波, 龚健, 胡洪凯, 施蕾, 赵云富, 冯丹, 张绍林, 孙强, 苗志富	北京控制工程研究所
3	发明专利权	一种星载计算机内部处理单元和 IO 单元的数据交换系统及方法	中国	ZL201610907762.9	2017-03-22	江耿丰, 冯丹, 文亮, 刘波, 徐建, 李森, 袁文彬, 史少龙, 张凯, 董旻旻	北京控制工程研究所
4	集成电路布图设计权	空间应用四核 SoC2012 片上系统芯片版图设计	中国	BS. 145500098	2014-03-21	刘鸿瑾, 华更新, 吴一帆, 杨桦, 刘波, 赵云富, 梁斌, 刘翔远, 陈书明, 杨孟飞, 王婧, 龚健, 刘群, 吴军, 文亮, 周新发, 梁洁玫, 刘淑芬, 张	北京控制工程研究所

						绍林, 苗志富	
5	发明专利权	一种支持部分可重构的航天用 SoC 实现方法	中国	ZL201410790968.9	2015-04-01	赵云富, 孙强, 施蕾, 董旻旻, 胡洪凯, 叶有时, 熊军, 刘波, 吴一帆	北京控制工程研究所
6	发明专利权	抗单粒子翻转和单粒子瞬态的可置复位扫描结构 D 触发器	中国	ZL201310674586.5	2014-05-28	郭阳, 许文涛, 梁斌, 刘宗林, 陈书明, 胡春媚, 池雅庆, 孙永节, 陈建军, 李振涛, 杨茂森	中国人民解放军国防科学技术大学
7	发明专利权	一种片上多核处理器的测试电路及其可测试性设计方法	中国	ZL200710304267.X	2008-05-21	李佳, 胡瑜, 李晓维	中国科学院计算技术研究所
8	发明专利权	一种多核操作系统可重构容错启动方法	中国	ZL201410295331.2	2014-09-24	王婧, 彭飞, 刘波, 华更新, 龚健, 高益军, 杨桦, 刘鸿瑾, 张绍林, 许娜	北京控制工程研究所
9	发明专利权	一种多核操作系统容错管理方法	中国	ZL201510521047.7	2015-12-30	王婧, 彭飞, 龚健, 吴一帆, 华更新, 刘鸿瑾, 许娜, 徐建	北京控制工程研究所
10	发明专利权	一种优先级抢占时间片轮转操作系统中任务定时调度方法	中国	ZL201310746023.2	2014-04-09	龚健, 杨孟飞, 乔磊, 杨桦, 顾斌, 彭飞, 王婧, 徐建, 刘波	北京控制工程研究所

11	发明专利权	一种星载操作系统集成的故障快速自主处理方法		中国	ZL201510441109.3	2015-11-18	杨孟飞, 杨桦, 龚健, 乔磊, 徐建, 赵玮, 刘鸿瑾, 刘波	北京控制工程研究所
12	发明专利权	一种航天星载软件自动测试系统		中国	ZL201310108724.3	2013-07-24	王振华, 张国峰, 陈朝晖, 杨孟飞, 党纪红, 董晓刚, 王晶, 徐子荔, 杨春河, 蔡雨辰	北京控制工程研究所
13	发明专利权	一种使用快照的可调试性设计追踪方法及装置		中国	ZL201710188024.8	2017-08-18	程云, 王颖, 李华伟, 刘波, 高瑛珂, 孙强, 李晓维	中国科学院计算技术研究所
序号	知识产权类别	名称		标准类别	标准编号	标准发布日期	标准起草单位	标准起草人
序号	知识产权类别	论文(著作)名称	刊名/出版社	年卷期页码	发表时间(年月日)	通讯作者(含共同)	第一作者(含共同)	论文全部作者
1	论文	Fault-Tolerance Techniques for Spacecraft Control Computer	John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd.		2014-09-21	无	杨孟飞	杨孟飞, 华更新, 冯彦君, 龚健

		s						
2	论文	Scan Chain Based Attacks and Countermeasures: A Survey	IEEE Access	2019, vol. 7, pp. 85055-85 065	2019-01 -01	叶靖	李晓维	李晓维, 李文杰, 叶靖, 李 华伟, 胡瑜

六、提名意见

综合电子计算机系统是航天器系统的控制和数据处理中枢，关系到航天器在轨可靠运行并完成预定任务。该项目研制了我国首个在轨应用的宇航级多核系统芯片 SoC2012 及多核操作系统 SpaceOS-MP，在此基础上研制成功我国首套集控制和数管功能为一体、全国产器件、批量化生产与应用的 ICDE 计算机系统，是一项具有自主知识产权的重大创新性科技成果。

经叶培健院士、侯朝焕院士、郝跃院士等同行专家评定认为：该成果原创性强，整体技术复杂，整体达到国际先进水平，其中，融合故障诊断、隔离和系统重构的高可靠高集成综合电子计算机系统架构，结合多核并行容错及抗单粒子加固技术的空间 SoC 抗辐射技术达到国际领先水平。项目 2015 年首次整体成功应用于北斗三号卫星，进一步应用于国产通信、导航、高分等三十余颗大卫星，保障了北斗三号组网星系统的成功组建和稳定可靠运行，是我国星载综合电子领域的突破，具有重大战略意义和显著经济社会效益。

提名该项目为北京市科学技术奖科学技术进步奖（类别：技术开发类）（一等奖(含特等奖)）