

# Electronic Integrated Micro-System Technology in Aerospace Applications

Zhengguo Shang, Chunguang Liu

Beijing Remote Sensing Equipment Institute, Beijing  
Email: xiaohuohua0210@163.com

Received: Jun. 16<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jun. 27<sup>th</sup>, 2017; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Electronic integrated micro-system technology mainly includes the application-specific integrated circuit (ASIC), system on chip (SOC), monolithic microwave integrated circuits (MMIC), hybrid integrated circuit (HIC), microelectronics technology and micro-electromechanical system (MEMS). The article introduced the electronic integrated micro-system technology overview, electronic integrated micro-system technology development present situation on domestic and overseas, analyzed the main gap between domestic and overseas, and put forward the focus of the development of electronic integrated micro-system technology in our country. Some suggestions on the development direction of electronic integrated micro-system in aerospace, can provide reference for the development planning and strategic decision of our country's aerospace industry.

## Keywords

Aerospace, Electronic Integrated Micro-System, Micro Electro Mechanical System, System on Chip

---

# 电子集成微系统技术在航空航天领域的应用

尚政国, 刘春光

北京遥感设备研究所, 北京  
Email: xiaohuohua0210@163.com

收稿日期: 2017年6月16日; 录用日期: 2017年6月27日; 发布日期: 2017年6月30日

---

## 摘要

电子集成微系统技术主要包括专用集成电路(ASIC)、片上系统(SOC)、单片微波集成电路(MMIC)、混合集成电路(HIC)等微电子技术和微机电系统(MEMS)。文章介绍了电子集成微系统技术概述、国内外电子

集成微系统技术发展现状、分析了国内外电子集成微系统技术主要差距, 提出了我国电子集成微系统技术后续发展重点, 文章针对航空航天领域电子集成微系统技术重点发展方向提出的建议, 可为我国航空航天的发展规划和战略决策提供参考。

## 关键词

航空航天, 电子集成微系统, 微机电, 片上系统

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 电子集成微系统技术概述

电子集成微系统技术是微电子技术和系统技术发展到新历史阶段的必然结果, 也是应用创新与技术融合发展的典范。电子集成微系统概念自上世纪九十年代出现以来, 就以其强大的生命力强力推动专业整合和产业融合, 被公认为 21 世纪的革命性技术之一, 已经并将越来越显著地改变甚至颠覆人类社会生活方式[1]。

早起的微系统是指微机电系统(MEMS)。MEMS 是随着微细加工技术和超精密加工技术发展起来的, 其涵义较现在的“微系统”概念相对狭窄。随着 MEMS 技术、微电子技术的不断发展, 又开始渗透扩展, 不仅系统中集成的机械元件数量和体现计算能力的晶体管数量大幅增加, 而且开始集成生物、光学、软件等多种技术或元件[2]。

电子微系统技术是随着微电子、微机械等技术的发展而诞生的新兴技术, 涉及到微电子学、信息学、光学、声学、化学、气动力学、流体力学与自动控制等多种工程技术和学科, 在航空、航天、军事等领域有广阔的应用前景[3]。电子微系统技术具有通用化、标准化、微型化、集成化、可批量生产等优点, 发展迅速, 随着计算机技术、微电子技术和微传感器技术发展, 电子集成微系统技术产品化已具备技术基础[4]。很多产品已经走出实验室, 逐步进入实际应用。从技术发展趋势上看, 在满足系统指标要求的前提下, 运用微系统技术, 实现航天领域的轻小型化、低成本, 已成为衡量航天电子系统性能的一个重要因素。

航天电子集成微系统与通常意义上的微系统在技术领域上存在一定交叉。航天电子集成微系统技术是指可用于航天领域并可显著提高航天器的集成度和承载比的各种微电子技术和微机电技术。航天电子集成微系统技术的应用有两个层面的含义: 一是以设备或模块的形式嵌入到航天器系统的单机或分系统产品, 提高功能密度比; 二是利用各种先进的微系统技术, 更新航天器设计理念, 研制出全新概念的高集成度航天器, 因此得到航天大国的高度重视。

## 2. 国外电子集成微系统技术现状分析

美国在航天领域电子集成微系统技术方面的研究一直走在世界前列, 美国电子集成微系统技术建立在一体化设计基础之上。主要有两个方向, 一种是基于 SOC/SIP/ASIC/MCM 技术的微米/纳米集成电路, 一种是 MEMS 的微传感器技术。

NASA 早在 20 世纪 90 年代根据未来航天任务需求, 组织多家公司开展了多项有关 SoC/ASIC 技术的研究。其中最具代表性的是通过 ASIC 实现 SoC, 完成对包括电源管理、通信模块、传感器模块、CPU

以及存储器功能的集成, 从而实现小型化, 大幅降低体积、重量和功耗。

近年来, 美国 DARPA 还专门设立了电子集成微系统技术办公室(MTO)来统一规划、协调发展美国的电子集成微系统技术, 设立了 58 个微系统技术项目, 约占 DARPA 项目总数的 1/5, 为推动电子集成微系统技术的快速发展奠定了良好的技术基础, 目前电子集成微系统的多项关键技术已渐入成熟期。美国航空航天电子集成微系统 MEMS 器件应用情况如图 1 所示[5]。美国综合航电电子微系统发展过程如图 2 所示。

美国航天局(NASA)利用电子集成微系统技术发展手机卫星, 并已经于 2013 年成功发射 4 颗手机卫星。NASA 的手机卫星采用商用现货, 已经可以满足多种卫星系统需求, 包括快速处理器、通用操作系统、多种微型传感器、高分辨率相机、全球定位系统接收机以及多种无线电信号[6]。NASA 通过尽量使用商用硬件、降低设计和任务目标等手段, 将手机卫星部件成本控制在 3500~7000 美元之间, 如图 3 所示, 其个头仅为水杯大小。

欧洲航天局(ESA)在“2008~2014 年欧洲航天技术发展路线图”中, 把微纳推进技术、微机电系统(MEMS)技术、MMIC 技术、片上系统(SoC)技术、多芯片模块(MCM)技术作为近期的重点发展方向, 并制定了明确的路线图[7]。

### 3. 国内电子集成微系统技术现状分析

在需求牵引和技术推动下, 我国已开展了各种航空航天电子微系统技术的研究, 取得了一定成果和进展, 如星载 ASIC 器件、星载 SoC 等已开展在轨试验验证和空间应用, 但与国际先进水平相比, 无论是在基础理论研究、加工制造工艺上, 还是在应用水平上都有一定的差距。国内航空航天领域电子集成微系统研发开发还处在起步阶段, 典型产品包括中科院计算所的龙芯 3A/3B、国防科大的 C6713 DSP、C6701 DSP、387、586、FT 系列通用处理器、中电 38 所的“魂芯一号”32 位高性能通用浮点数字信号处理器等[8]。个别院所虽然开发了自己的微处理芯片产品。

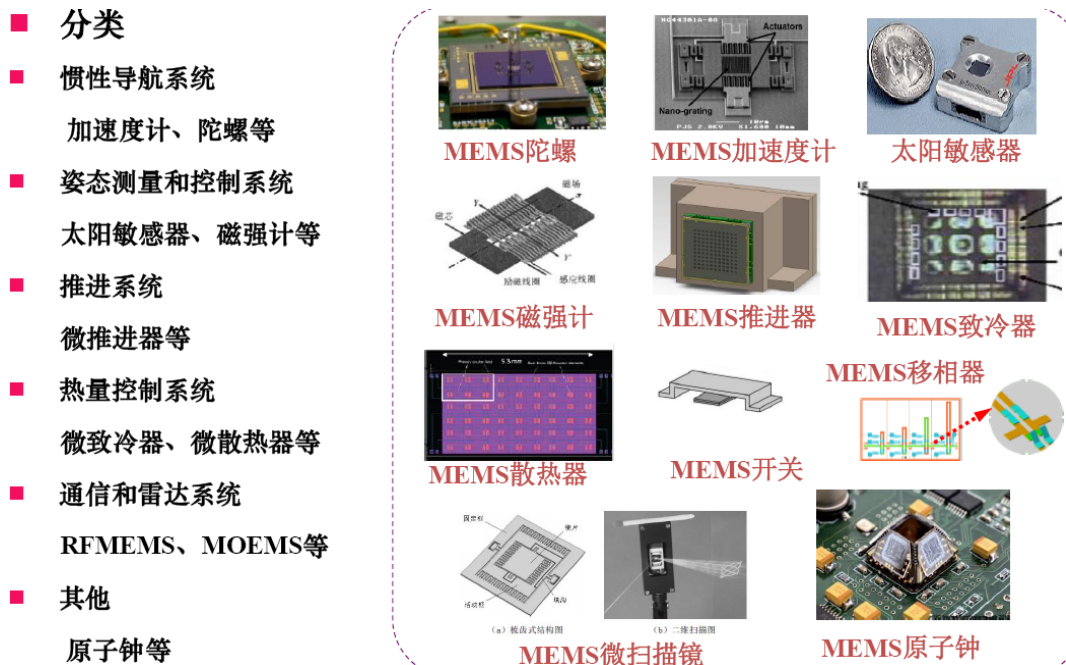


Figure 1. Application of MEMS devices for US aerospace electronic integrated micro-systems  
图 1. 美国航空航天电子集成微系统 MEMS 器件应用情况

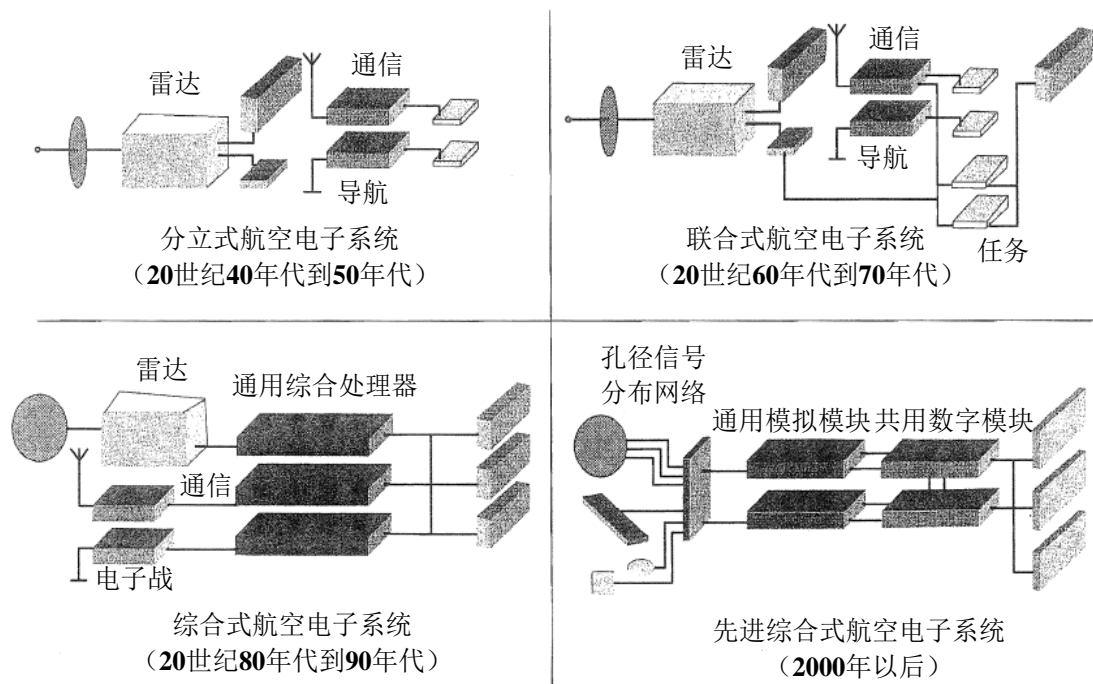


Figure 2. The development of integrated avionics micro-systems in the United States  
图 2. 美国综合航电电子微系统发展过程



Figure 3. NASA uses micro-system technology to develop a mobile phone satellite, which is the size of a water cup  
图 3. 美国 NASA 采用微系统技术开发的手机卫星，仅有水杯大小

从国内各单位各型号航空航天电子集成微系统技术的研究情况看, 目前研制仅是停留在两个或多个设备的物理融合、信息处理融合, SoC/SIP/MCM 仅是停留在某种特殊应用的技术验证中, 而这种应用与融合仅适用于某个型号、某类产品, 不具备大规模的生产应用的市场, 导弹的微集成、低成本、通用化仍然是奋斗目标。国内研发的“魂芯一号” BWDSP100 实物如图 4 所示[9]。

#### 4. 国内外发展存在的主要差距

目前的航空航天系统设计中, 国内外发展存在的主要差距体现在电子集成微系统核心元器件上, 核心元器件采用进口高端芯片的情况仍然普遍存在, 这在很大程度上是一种无奈之举, 使得核心技术受控于人, 增加了产品安全风险。在当前异常复杂的国际环境下, 一旦有战事爆发, 敌对势力极有可能就是供货方, 单是技术封锁和芯片禁运就会极大影响军品的供货和保障能力, 而可能存在的“芯片后门”则更会影响军品安全性, 极有可能使我国完全暴露在敌方的监控之下, 甚至出现整机系统失灵, 国防安全存在着巨大隐患。航空航天系统设计迫切需要掌握核心技术的自主可控, 而电子集成微系统技术的自主可控是其根本所在, 也是不可逃避的实现途径。国内航空航天领域需要通过开展电子集成微系统自主可控技术的设计和应用研究, 来突破和掌握相关关键技术, 实现核心电子微系统技术的自主可控。

#### 5. 我国电子集成微系统技术后续发展重点

结合目前的技术发展规律, 电子集成微系统将向小型微型化、多功能集成化、灵活智能化等方向发展。一方面重视多种集成功能的异质、异构集成, 在此基础上实现小型化和微型化; 另一方面通过将多个电子元器件进行系统化整合, 打造微型电子集成平台[10]。采用模块化、开放式发展思路, 实现微系统先进技术的更快融入和集成, 降低系统研发的周期和成本, 从三维封装集成到三维单片集成、推进量子 and 神经形态新样式, 最终实现采用数字方式实现模拟功能将是电子集成微系统技术发展的主要内容。

电子集成微系统技术是未来增强我国航空航天实力的重要支撑技术, 对未来科学技术的发展有着革命性的影响, 在军民两个领域都有着广泛应用。随着电子集成微系统向着多功能化、微型化、智能化方向发展, 未来航空航天系统将更加依赖高集成度的微封装器件, 并将广泛采用可以执行各种功能的微纳



Figure 4. Shows the “soul core # 1” BWDSP100 physical picture  
图 4. 国内“魂芯一号” BWDSP100 实物图片

系统器件来改善其性能, 实现轻量化、小型化、精确化。应用电子集成微系统技术对加速电子系统性能的全面提升、有效降低成本具有重大作用。

在航空航天领域, 我国电子集成微系统技术重点发展战场感知与控制、惯性导航测量、微型飞行器、军用射频组件、空间与车载雷达、微纳卫星发射等领域。在民用领域, 电子集成微系统技术重点应用于消费领域和医疗领域。

瞄准电子集成微系统技术在航空航天领域上的应用需求, 开展基于电子微系统技术的航空航天产品总体架构设计, 研制导航控制微系统、探测微系统等原理样机, 搭建原型开发平台, 进行试验验证, 牵引电子微系统技术和产品的发展, 国家应确定国家级研发项目, 制定促进产业发展的各项政策。聚焦有发展前景的技术, 学习引进先进技术, 如单片 CMOS 与 MEMS 及其系统集成技术, 对有发展前景的先进技术集中重点投入; 设立开放式 MEMS 合作研发基地, 寻求产业链合作, 推动 MEMS、电子集成微系统及产业链发展, 寻求合作, 协力开发新技术和新产品, 逐渐实现航空航天领域军/民用智能化产品的自主开发、生产和应用。

### 参考文献 (References)

- [1] 周庆瑞, 孟松, 宋坚, 马骏. 航天微系统技术综述[J]. 航天器工程, 2014(4): 10-15.
- [2] 汤晓英. 微系统技术发展和应用[J]. 现代雷达, 2016(12): 8-15.
- [3] 赖凡, 王守祥, 何晋沪. 微系统技术创新发展策略研究[J]. 微电子学, 2015(1): 22-25.
- [4] 代刚, 张健. 集成微系统概念和内涵的形成及其架构技术[J]. 微电子学, 2016(1): 14-19.
- [5] 张国强, 孙琼阁, 辛燕. 微系统光学检测技术及航天应用[C]//中国光学学会光学测试专业委员会会议论文集, 2016.
- [6] 赵正平. 微系统三维集成技术的新发展(续) [J]. 微纳电子技术, 2017(2): 21-25.
- [7] 汤伟强. 雷达中的微系统及国外研究现状[J]. 现代雷达, 2017(3): 9-14.
- [8] 刘自明, 李淑芳. 国外微波毫米波单片集成电路的现状和发展趋势[J]. 半导体技术, 1992(3): 6-23.
- [9] 尤政, 张高飞. 基于 MEMS 的微推进系统的研究与展望[J]. 微细加工技术, 2004(1): 3-8.
- [10] 周兆英, 冯焱颖. 微系统与纳系统技术(上) [J]. 世界电子元器件, 2001(9): 6-29.

#### 期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [csa@hanspub.org](mailto:csa@hanspub.org)