

关于航空电子元器件自主可控选型的分析与探究

郭 雯

(中华通信系统有限责任公司河北分公司 河北 石家庄 050081)

【摘 要】航空电子元器件作为航空设备的基本组成单元,其自主可控水平直接影响我国航空装备发展。针对目前国内电子元器件的技术发展水平,分析目前航空设备电子元器件自主可控现状,将“选型矩阵”的概念引入电子元器件选型,并在当前开展的自主可控工作基础上,根据航空电子设备的应用需求探索了符合航空电子设备的选型方案,结合实际案例阐述了自主可控(国产化)设备的研制方法及流程,以期提供推进元器件自主可控的实施方法及思路。

【关键词】航空电子元器件;航空设备;自主可控

一、航空电子元器件自主可控现状

电子元器件自主可控水平直接影响国家的信息化技术发展及信息安全保障。美国、欧空局、俄罗斯和日本等航天强国均将自主发展元器件作为国家战略^[1],制定完整的标准及体系,用于指导元器件研发应用验证等一系列工作。

近年,以美国为典型的电子元器件生产大国不断收紧对中国的元器件出口范围,尤其是大规模复杂高性能集成电路更是频繁出台禁运措施。为降低对进口集成电路的依赖程度,中国有关部门制定相关规定控制进口元器件的使用种类及数量,大力推进国产元器件设计研发,并结合装备研制进行重点型号集成电路类电子元器件的功能验证,从总体层面大力开展电子元器件自主可控工作。随着国内元器件研发能力提升,电源芯片、接口芯片、总线协议芯片、桥接芯片、光电子、分立器件、晶振及时钟管理等外围配置芯片基本可实现国产化,且国产厂家较多,可选产品型号丰富;通用处理器类、可编程逻辑器件类、ADDA 类、网络交换类等复杂元器件由于研发难度较大,故可应用于航空系统的国产复杂集成电路种类偏少,多为对标进口元器件的仿制研发,但许多国产元器件研制厂家都有进口器件的自有对标型号。如何从众多型号中选择符合航空元器件标准、可靠性高、供货稳定、应用验证代价小的国产元器件,选型方法尤为重要。

二、基于“选型矩阵”的电子元器件选型方法

面对国产器件厂家多,可选型号多的现状,引入选型矩阵的方法可以解决选型困难的问题,为元器件选型提供依据。选型矩阵主要针对不同的应用

场景及生产厂家供应体量对国产及进口的电子元器件进行优选等级排序,优选等级由高到低排序为:一级优选、二级优选、三级优选、四级优选、备选可用、禁选禁用。需要说明的一点是,设计选用环节一般为新研单机产品开展的工作,处于批投产阶段的产品一般不涉及该环节^[2]。

临界空间、机载设备运行一般要经受温度、气压、湿度等各种环境影响,姿态、振动、加速度等各种应力影响,复杂电磁环境下强电磁干扰,以及以上各种环境和应力的反复变化和相互交变^[5],气密性良好、封装结构稳固、工作温度范围较宽的陶封器件选用优先级最高。弹载设备一般存储期较长,工作时无法人为控制,飞行过程中速度高,过载大^[3],要求元器件长存储期低失效率,防止工作过程发生元器件失效现象,故宽温陶封器件优选等级最高。对于地面设备,由于工作环境一般在地面站舱内或箱体中,在地面环境工作对环境适应要求、应用影响要求及电磁环境要求较低,考虑成本及供货周期等因素,相同选型目录下的塑封器件优选等级高于陶封器件。元器件选型矩阵见表 1 所示。

三、国产航空电子元器件应用验证方法及流程

在工程应用前,电子元器件应进行应用验证,针对硬件涉及到的功能开展全方位的分析评估及试验验证,为元器件的可用性提供依据及支撑,并综合评估是否可用。芯片验证分为芯片级、板卡级、整机级、系统级 4 个验证级别:

①芯片级验证主要包括参数遍历测试、关键参数特性曲线绘制、结构分析、极限评估、寿命强化等内容^[4],此级别验证前移至元器件鉴定阶段之前,

表1 航空电子元器件选型矩阵

选型目录		应用场景	临界空间	航空弹载设备	地面设备	工业设备
国产产品集合	大型国有元器件制造商产品目录	宇航级	一级优选	一级优选	二级优选	备选可用
		温筛级	一级优选	一级优选	二级优选	备选可用
		工业级	二级优选	一级优选	一级优选	四级优选
		商用级	三级优选	三级优选	三级优选	三级优选
	大型专类元器件制造商产品目录	宇航级	二级优选	二级优选	二级优选	四级优选
		温筛级	二级优选	二级优选	二级优选	四级优选
		工业级	三级优选	三级优选	二级优选	二级优选
		商用级	四级优选	四级优选	三级优选	二级优选
	专类元器件制造商产品目录	宇航级	三级优选	二级优选	四级优选	三级优选
		温筛级	三级优选	二级优选	四级优选	三级优选
		工业级	四级优选	四级优选	三级优选	一级优选
		商用级	四级优选	四级优选	三级优选	一级优选
进口产品集合	供货较稳定元器件产品	工业级	备选可用	备选可用	备选可用	一级优选
	停产禁用元器件产品	-	禁选禁用	禁选禁用	禁选禁用	禁选禁用

由元器件生产厂家及鉴定试验机构完成，板卡设计人员采信手册中测试图表及产品检验报告，着重关注温度变化下的电流、电压及功耗曲线。

②板卡级验证主要包括单板功能测试及性能测试，其中性能测试包括常温性能测试和高低温性能测试。以RS422接口芯片为例，其主要功能是RS422电平转换，主要实现RS422电平信号输入转化为单端信号或单端信号转化为RS422电平信号输出，主要考核指标为常温及高低温环境下的数据传输速率，摸清芯片在各种要求环境下的极限传输速率，在实际应用中采用降额设计保证正常传输性能。

③整机级验证主要包括与其他设备互联时的兼容性测试，测试内容是板卡外部互联接口与整机中其他设备之间的互联互通功能，以及互联数据传输中的传输速率压力测试。一般整机会会有散热设计，在同样的温度测试环境中，整机级验证测试比板卡级验证测试环境散热性好，所以温度对整机性能指标影响较小。

④系统级验证主要内容是大系统互联兼容性及时长时间工作稳定性验证，主要聚焦全系统状态下国产电子元器件的功能性能指标。对于新采用的国产元器件，必要时还应考虑开展飞行阶段的试验验证工作。

四、实际应用案例

以信号处理终端为例，终端核心芯片为K7系列FPGA，备选方案有上海复旦微电子的JFM7K325T型号的FPGA和Xilinx的XC7K325T，配合射频直采芯片实现信号处理，备选方案为城芯科技的射频直采

收发芯片CX9261、振芯科技的GMD9361、北京微电子B9361RBB及AD公司的AD9361实现信号处理，外围配套电路涉及电容、电阻、电感、电源、接口、连接器等。原理框图如图1所示。

表2列举了在不同应用场景的信号处理终端主要元器件选型评级分析，在实际应用选型矩阵时，板卡整版元器件选型均可按照选型矩阵建立分析表，将所有用到的元器件一一列举到矩阵表中，选型按照一级优选、二级优选、三级优选、四级优选的顺序，综合等级要求、厂家背景及供应链状况、价格等因素，得出全板的元器件选型方案。根据表2的选型矩阵可确定：临界空间选用JFM7K325T-C、B9361RBB、SWM4644及SJ3490MFRH；地面设备选用JFM7K325T-N、CX9261、HCE4644MB、SJ3490AMF。

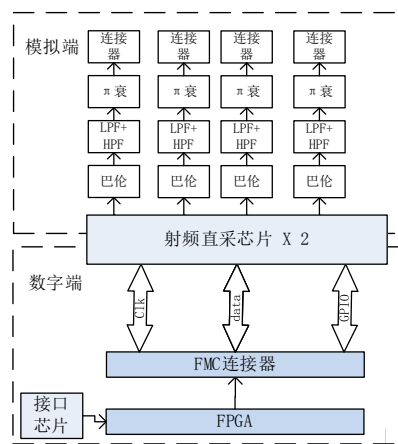


图1 信号处理终端原理框图

芯片的板卡级验证根据芯片封装形式和功能复杂度，采用逐一替换、由易到难的原则开展试验。

表 2 不同应用场景下元器件选型分析表

芯片名称 选型目录			临近空间				地面设备			
			FPGA	射频直采收 发芯片	DC-DC电源	RS485/RS422 接口电路	FPGA	射频直采收 发芯片	DC-DC电源	RS485/RS422接 口电路
国产品 品集合	大型国有 元器件 制造商产 品目录	宇航级		B9361RBB		SJ3490MFRH		B9361RBB		SJ3490MFRH
		温筛级			SWM4644	SJ3490AMF			SWM4644	SJ3490AMF
		工业级								
		商用级								
	大型专类 元器件 制造商产 品目录	宇航级	JFM7K325T-C	CX9261SH			JFM7K325T-C	CX9261SH		
		温筛级			SM4644MPY	SM3490			SM4644MPY	SM3490
		工业级	JFM7K325T-N	CX9261	HCE4644MB		JFM7K325T-N	CX9261	HCE4644MB	
		商用级	JFM7K325T	CX9261A			JFM7K325T	CX9261A		
	专类元器 件 制造商产 品目录	宇航级			GEM4644Y				GEM4644Y	
		温筛级				HWD3490MAA				HWD3490MAA
进口产 品集合	供货较稳 定元器 件产品	工业级	XC7K325T- 2FFG676I	AD9361BBCZ	LTM4644IY#PBF	MAX3490EESA+	XC7K325T- 2FFG676I/	AD9361BBCZ	LTM4644IY#PBF	MAX3490EESA+
		-								
	停产禁用 元器件产 品	-								

容易拆装的 SOP、DIP、SMD 类器件，功能简单的接口转换类，可优先开展替换。BGA 封装的器件慎重拆卸，避免植球等降低可靠性的操作。上述信号处理终端列举的 BGA 封装芯片有 FPGA、射频直采收发芯片和 DC-DC 电源芯片，根据芯片功能复杂程度，优先验证 DC-DC 电源芯片，之后验证射频直采收发芯片，最后对 FPGA 进行验证。板卡在常温及高低温环境下验证正常后可转入整机验证试验。整机级验证聚焦外部接口互联互通功能，主要是 RS422 信号通信及 AD、DA 功能。RS422 接口通信采用同步数据流回环方式进行数据传输速率压力测试，测试阈值最高到达 10Mbps。ADC 功能借助信号分析软件可评估采样后的信号质量，在通过对射频芯片 ADC 所采集的原始数据分析计算，采集 145MHz 信号时，SFDR 为 73.75dBc，满足一般接收通道 SFDR 指标要求。板卡采集信号的频域分析见图 2 所示。系统级验证及试飞级验证主要是全系统联调联试，评测设备稳定性，主要聚焦实际应用场景的环境因素对设备的影响，在不具备实际环境测试条件下，采用系统环境试验的方式进行类比评估。

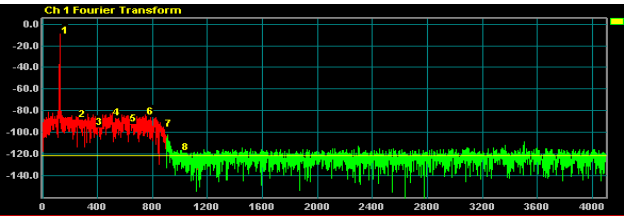


图 2 板卡采集信号的频域分析图

五、结束语

对于设备研制单位而言，电子元器件的选型是硬件设计的基础，如何在众多元器件型号中选出符合使用要求、价格合理及供应能力稳定的产品，是硬件设计的第一步。采用选型矩阵的方式，对元器件的等级、价格、生产厂家的产品方向和供货能力等要素进行综合评估，结合使用场景给出元器件选型的最优方案，可以有效保证硬件设计师合理选型。文中分析了芯片级、板卡级、整机级、系统级 4 个验证级别的重点关注项，阐明了各级验证试验的必要性及承接关系，为设备的功能性能验证提供了参考。本文通过一个信号处理平台的元器件选型及设计实例，阐述了选型矩阵的使用方法自主可控设备的设计方法及流程，为后续设计提供了参考设计实例。

参考文献：

[1]苏磊,董磊,刘泓,熊盛阳,孙岩.航天元器件自主可控工作推进与实施[J].导弹与航天运载技术.

[2]高海英,何珍珍.航天型号使用方的元器件保证实践[J].电子产品可靠性与环境试验,2022,40(04):107-112.

[3]王旭亮.航空元器件应用验证模式探讨[J].航天标准化.

[4]梁毅.一种新型弹载天线[J].无线电工程,2014,44(7):66-68.

[5]朱恒静,夏泓,张莹,等.宇航元器件制造成熟度验证[J].电子元器件与可靠性,2014,32(1):6-10.