

SIP 模组在汽车电子中的可靠性提升与安全性保障研究

章军古

DOI:10.12238/etd.v6i1.11776

[摘要] 随着汽车智能化、网联化的快速发展,汽车电子系统变得愈发复杂,对电子元件的性能、可靠性和安全性提出了更高要求。系统级封装SIP模组(System in a package)凭借其高度集成化、小型化等优势,在汽车电子领域得到了广泛应用。本文详细提出了一系列提升可靠性和保障安全性的策略和方法。同时,结合实际案例对相关策略的有效性进行了验证,为SIP模组在汽车电子中的进一步应用和发展提供了有价值的参考。

[关键词] SIP 模组(System in a package); 汽车电子; 可靠性; 安全性

中图分类号: F407.471 **文献标识码:** A

Research on Reliability Improvement and Safety Assurance of SIP Modules in Automotive Electronics

Jungu Zhang

[Abstract] With the rapid development of automotive intelligence and connectivity, automotive electronic systems have become increasingly complex, placing higher demands on the performance, reliability, and safety of electronic components. System in a Package (SIP) modules, with their advantages of high integration and miniaturization, have been widely applied in the field of automotive electronics. This paper elaborately proposes a series of strategies and methods to improve reliability and ensure safety. At the same time, the effectiveness of the relevant strategies is verified through practical cases, providing valuable reference for the further application and development of SIP modules in automotive electronics.

[Key words] SIP module (System in a package); Automotive electronics; Reliability; Safety

引言

汽车电子技术的不断进步推动着汽车行业向智能化、自动化和电动化方向发展。在这一过程中,电子系统在汽车中的占比越来越大,其性能和可靠性直接影响着汽车的整体质量和安全性。SIP模组作为一种先进的封装技术,能够将多个芯片、元器件以及互连线路集成在一个封装体内,实现系统功能的高度集成,满足了汽车电子对小型化、高性能和高可靠性的需求。然而,汽车运行环境的复杂性,如高温、低温、振动、电磁干扰等,对SIP模组的可靠性和安全性构成了严峻挑战。因此,研究如何提升SIP模组在汽车电子中的可靠性和保障其安全性具有重要的现实意义。

1 SIP模组在汽车电子中的应用概述

1.1 SIP模组在汽车动力系统中的应用

在汽车动力系统中,SIP模组发挥着至关重要的作用。以发动机控制单元(ECU)为例,它是发动机的“大脑”,负责精确控制发动机的燃油喷射、点火timing、进气量等参数,以实现最佳的动力输出和燃油经济性。SIP模组将微控制器(MCU)、传感器接口电路、功率放大器关键部件集成在一起,形成一个紧凑且功能强大的控制模块^[1]。

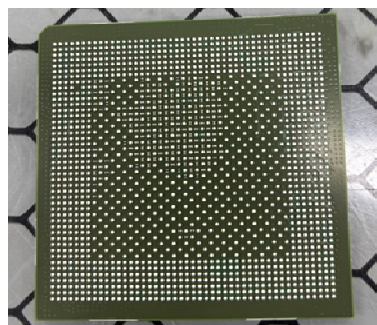


图 1

如图 1 所示,在先进的发动机ECU中,SIP模组的应用使得系统能够更快速、准确地处理来自各种传感器的信号,如曲轴位置传感器、空气流量传感器、氧传感器等,并及时做出相应的控制决策。同时,SIP模组的高度集成化减少了线束连接,降低了信号干扰的可能性,提高了系统的可靠性和稳定性^[2]。

1.2 SIP模组在汽车底盘系统中的应用

汽车底盘系统的性能直接关系到车辆的行驶稳定性、操控性和安全性。SIP模组在底盘系统的多个关键部件中均有应用,

如电子稳定程序(ESP)、防抱死制动系统(ABS)、电动助力转向系统(EPS)等。在ESP和ABS系统中,SIP模组集成了传感器信号处理电路、微控制器和功率驱动电路等。它能够实时采集车轮转速传感器、横向加速度传感器、方向盘转角传感器等传来的信号,经过快速处理和分析后,精确控制制动压力和动力输出,以防止车辆在行驶过程中出现侧滑、抱死等危险情况。

1.3 SIP模组在ADAS系统中的应用

以某款高性能汽车的ADAS驾驶辅助系统为例,其采用的SIP模组如图2所示。



图 2

通过高度集成化的设计,提高了系统的响应速度和控制精度,有效提升了车辆在高速行驶和复杂路况下的稳定性和安全性。在ADAS系统中,SIP模组将扭矩传感器信号处理电路、电机控制芯片和微控制器等集成在一起,实现了对转向助力的精确控制。根据驾驶员的转向操作和车辆的行驶状态,SIP模组能够实时调整电机的助力大小,提供舒适、精准的转向手感,同时降低了系统的能耗和故障率。

1.4 SIP模组在汽车信息娱乐系统中的应用

SIP模组在信息娱乐系统中集成了音频处理芯片、视频解码芯片、无线通信模块、微控制器等多种功能部件,为用户提供了丰富多样的娱乐体验。在车载多媒体系统中,SIP模组能够实现音频和视频的高质量播放,支持多种音频和视频格式。通过无线通信模块,如蓝牙、Wi-Fi等,SIP模组可以与用户的手机或其他智能设备进行连接,实现音乐播放、电话接听、导航等功能的无缝切换^[3]。

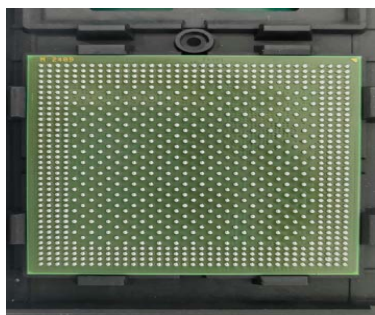


图 3

如图3所示在一些高端汽车的信息娱乐系统中,SIP模组还集成了图形处理单元(GPU),能够提供流畅的3D导航地图显示和

高清视频播放效果。此外,SIP模组的高度集成化设计使得信息娱乐系统的体积更小、功耗更低,有助于提高车辆的燃油经济性和续航里程。

2 提升SIP模组可靠性和保障安全性的策略

2.1 优化设计策略

2.1.1 改进封装结构

为了提高SIP模组的散热性能,可采用散热性能优良的封装材料,如陶瓷封装材料或金属基封装材料。同时,优化封装结构的散热通道设计,增加散热鳍片或散热孔,提高散热效率,降低芯片的工作温度。例如,在一些高性能的SIP模组中,采用了三维散热结构设计,将散热通道贯穿整个封装体,有效地提高了散热效果。

2.1.2 合理布局芯片

根据芯片的功能和信号特性,合理布局芯片。将高频信号芯片和低频信号芯片分开布局,避免信号干扰。同时,优化信号走线的布局,尽量缩短信号走线的长度,减少信号传输延迟和干扰。例如,在设计SIP模组时,可将数字信号芯片和模拟信号芯片分别放置在不同的区域,并采用屏蔽措施隔离,以提高电磁兼容性。

此外,考虑芯片的散热需求,将发热量大的芯片放置在散热良好的位置,或者采用散热模块进行局部散热。在布局芯片时,还应考虑模组的组装工艺性,确保芯片的安装和焊接方便可靠。



图4 某SIP模组的结构示例,可辅助理解设计相关策略对其可靠性和安全性的影响

2.1.3 优化互连设计

采用先进的互连技术,如倒装芯片技术、晶圆级封装技术等,提高互连的可靠性。倒装芯片技术能够减少互连长度,降低信号传输延迟和电感,提高电气性能。晶圆级封装技术可以在晶圆上进行封装,提高封装密度和可靠性。

优化焊点的设计,确保焊点的大小、形状和间距符合要求。采用合适的焊接工艺和焊接材料,提高焊点的机械强度和电气性能。例如,采用合适的回流焊工艺,并选择高可靠性的焊料、辅料,能够提高焊点的质量和可靠性。

2.2 严格制造过程控制策略

2.2.1 选用优质材料

严格筛选SIP模组所使用的芯片、封装材料、互连材料和其他辅助材料,确保材料的质量符合高标准。对于芯片符合AECQ

车规标准。要选择具有良好性能稳定性和可靠性的品牌及型号, 对其进行严格的质量检测和性能测试, 包括电学性能测试、温度循环测试、抗电磁干扰测试等, 确保芯片在各种工况下都能稳定工作。

在封装材料方面, 选用具有合适热膨胀系数、良好绝缘性能和机械强度的材料。例如, 对于有机封装材料, 要关注其玻璃化转变温度、吸水率等关键参数, 避免因温度变化和湿气侵入导致封装材料性能下降。互连材料如焊料, 要选择纯度高、熔点合适、润湿性好的产品, 以保证焊点的质量和可靠性。

2.2.2 优化制造工艺

在芯片焊接环节, 精确控制焊接温度、时间和压力等工艺参数。采用先进的焊接设备, 如高精度的贴片机和回流焊机, 确保芯片能够准确、牢固地焊接到封装基板上。对于复杂的SIP模组, 可采用多步焊接工艺, 以减少焊接过程中的应力和变形。

在封装环节, 严格控制灌封、密封等工艺的操作。确保灌封材料均匀地填充到封装体内, 避免出现气泡和空洞。对于密封工艺, 要保证封装体的密封性良好, 防止水分、灰尘和其他杂质进入。采用先进的封装设备和工艺, 如真空灌封、激光密封等, 提高封装的质量和可靠性。

2.3 加强环境适应性策略

2.3.1 温度防护

为应对高温环境, 在SIP模组表面涂覆散热涂料, 提高模组的散热效率。散热涂料能够有效地将模组内部产生的热量传导到外部环境中, 降低模组的温度。此外, 可在模组周围安装散热风扇或散热片, 增强空气对流, 进一步提高散热效果。对于低温环境, 可在SIP模组外部包裹保温材料, 如聚氨酯泡沫、硅酸铝纤维等, 减少热量散失, 保持模组内部的温度稳定。

2.3.2 振动防护

在SIP模组与汽车电子系统的安装界面上, 采用减震垫或减震支架等减振措施。减震垫通常由橡胶、硅胶等弹性材料制成, 能够有效地吸收和缓冲振动能量, 减少振动对模组的影响。减震支架则可以通过合理的结构设计, 将振动传递路径进行优化, 降低模组所受的振动应力。

2.3.3 湿度防护

对SIP模组进行密封处理, 采用密封胶圈、密封胶等材料, 确保模组的密封性良好。在模组的接口处, 如引脚、连接器等部位, 要特别注意密封, 防止水分侵入。同时, 在模组内部放置干燥剂, 如硅胶干燥剂, 吸收内部的湿气, 保持模组内部的干燥环境。

2.3.4 电磁干扰防护

在SIP模组的封装壳体上采用电磁屏蔽材料, 如金属屏蔽罩或镀金属层, 有效地阻挡外部电磁干扰信号进入模组内部。电磁屏蔽材料能够将电磁干扰信号反射或吸收, 减少其对模组内部电路的影响。同时, 优化模组内部的电路布局和布线设计, 采用

屏蔽线、滤波电路等措施, 降低模组自身产生的电磁干扰。

2.4 完善软件策略

2.4.1 提高软件兼容性

在汽车电子系统软件开发过程中, 充分考虑SIP模组的特性和接口要求, 进行全面的兼容性测试。在软件设计阶段, 与模组供应商密切合作, 获取准确的模组接口文档和技术参数, 确保软件能够正确地与模组进行通信和交互。在软件测试阶段, 模拟各种工况和使用场景, 对软件与SIP模组的兼容性进行严格测试。包括不同版本软件的兼容性测试、软件升级过程中的兼容性测试等, 及时发现并解决软件与模组之间可能存在的兼容性问题。

2.4.2 加强软件可靠性设计

采用冗余设计、错误检测和纠正等技术手段, 提高软件的可靠性。在软件代码中设置冗余模块, 当某个模块出现故障时, 冗余模块能够及时接管工作, 保证系统的正常运行。同时, 在软件中加入错误检测和纠正机制, 如奇偶校验、循环冗余校验(CRC)等, 能够及时发现和纠正数据传输和处理过程中出现的错误, 提高软件的稳定性和可靠性。

3 结语

SIP模组在汽车电子中具有广阔的应用前景, 但其可靠性和安全性受到多种因素的影响。在实际应用中, 应根据汽车电子系统的具体需求和运行环境, 综合运用这些策略, 确保SIP模组的稳定可靠运行, 为汽车的智能化、自动化和电动化发展提供有力支持。随着汽车电子技术的不断发展, 对SIP模组的性能和可靠性将提出更高的要求, 需要进一步深入研究和探索新的技术和方法, 以满足汽车行业的发展需求。

【参考文献】

- [1]樊继东.OBE模式下BOPPPS模组在工程类课程教学中的应用——以汽车电子与控制教学实践为例[J].大学教育,2020,(2):90-94.
- [2]陈道远,陶家园.基于SIP技术的电源调制器设计与实现[J].工业控制计算机,2020,33(07):142-143+153.
- [3]辛希超.基于SIP协议的车联网语音通信系统的研究与实现[D].华北电力大学,2015.

作者简介:

章军古(1980--),男,汉族,江苏徐州人,IPC国际电子电路互联与封装协议标准撰写修订专家,IPCEV汽车标准开发技术主席,小鹏汽车电子类产品企业标准撰写专家,车载SIP级封装国产化开拓者,供应链管理专家,研究方向:汽车域控产品管控,汽车电子核心算力芯片制造,汽车电子行业标准编撰。20年电子行业经验,曾效力于爱立信,博世,小鹏汽车,致力于国内高算力域控核心电子部件国产化,建立汽车电子行业标准,荣誉:IPC标准修订杰出贡献奖,爱立信总裁特别奖,博世PS核心专家奖,小鹏优秀团队管理奖。