

智能传感器数据传输电子模块集成优化探析

郭继玺

邢台市财政信息中心, 河北 邢台 054000

[摘要]文中聚焦于智能传感器数据传输电子模块的集成优化展开深入研究,主要致力于剖析智能传感器在数据采集、信号调理、数据转换、通信传输、电源管理、抗干扰设计等一系列环节当中的集成需求、优化难点。文章运用了文献归纳、理论分析、工程实践总结相结合的方式,从智能传感器电子模块的构成、数据传输的需求、集成设计的关键技术、可靠性的保障、未来发展的方向等多个方面予以论述。研究表明,智能传感器数据传输模块不仅担负着信息输出的功能,而且还会对传感节点的功耗、传输稳定性、数据准确性、系统扩展能力产生直接影响。借助对接口电路、通信协议、射频模块、电源管理、PCB布局、软硬件协同机制的优化,能够切实提高电子模块的集成度、传输效率。结论表明,智能传感器数据传输电子模块的优化应当秉持小型化、低功耗、高可靠、抗干扰、标准化的原则,以此推动传感系统朝着集成化、智能化、网络化的方向不断发展。

[关键词]智能传感器; 数据传输; 电子模块; 集成优化; 低功耗设计

DOI: 10.33142/sca.v9i8.20191

中图分类号: TP873

文献标识码: A

Analysis of Integrated Optimization of Electronic Modules for Intelligent Sensor Data Transmission

GUO Jixi

Xingtai Financial Information Center, Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: This article focuses on in-depth research on the integration and optimization of intelligent sensor data transmission electronic modules, mainly aiming to analyze the integration requirements and optimization difficulties of intelligent sensors in a series of links such as data acquisition, signal conditioning, data conversion, communication transmission, power management, and anti-interference design. The article combines literature review, theoretical analysis, and engineering practice summary to discuss the composition of intelligent sensor electronic modules, data transmission requirements, key technologies for integrated design, reliability assurance, and future development directions from multiple aspects. Research has shown that intelligent sensor data transmission modules not only have the function of information output, but also have a direct impact on the power consumption, transmission stability, data accuracy, and system scalability of sensing nodes. By optimizing interface circuits, communication protocols, RF modules, power management, PCB layout, and software hardware collaboration mechanisms, the integration and transmission efficiency of electronic modules can be effectively improved. The conclusion indicates that the optimization of electronic modules for intelligent sensor data transmission should adhere to the principles of miniaturization, low power consumption, high reliability, anti-interference, and standardization, in order to promote the continuous development of sensing systems towards integration, intelligence, and networking.

Keywords: intelligent sensors; data transmission; electronic module; integrated optimization; low power design

引言

智能传感器是物联网、工业自动化、智慧城市、智能装备里非常关键的感知基础。它的性能一方面取决于敏感元件自身,另一方面和数据传输电子模块有着紧密关联。随着应用场景持续拓宽,传感器要在有限空间、低功耗情

形、复杂电磁环境中达成稳定的数据传输。传统的分立式模块设计存在诸多问题,比如体积偏大、接口复杂、功耗较高、抗干扰能力不足等,这使得其很难满足高密度部署的需求。对智能传感器数据传输电子模块集成进行优化研究,能够提高传感系统的可靠性、应用适应性。

1 智能传感器数据传输电子模块的基本构成

1.1 智能传感器电子模块的功能组成

智能传感器并非单一敏感元件,而是由感知单元、信号调理单元、数据转换单元、控制处理单元、数据传输单元、电源管理单元共同组建而成的综合电子系统。感知单元承担着把温度、湿度、压力、振动、光照、气体浓度、位移等物理量转化为电信号的工作,信号调理单元进行放大、滤波、阻抗变换、线性化处理,数据转换单元将模拟信号转变为数字量,控制处理单元达成数据校准、格式封装、异常判断、通信调度,数据传输单元借助有线或者无线方式把数据传送到上位机、网关或者云平台。各单元并非相互孤立,其参数匹配、时序控制还有电源状态都会对整体性能产生影响。所以电子模块集成优化的重点在于让不同功能单元协同作业,而非仅仅压缩电路尺寸。

1.2 数据传输模块的核心作用

数据传输模块在智能传感器从“本地感知”迈向“网络互联”的进程里发挥着关键作用。传感器所采集到的数据唯有经过稳定的传输,才能够进入控制系统、监测平台、数据分析系统。数据传输模块所承担的任务包括数据编码、接口转换、通信协议适配、信号驱动、差错控制、状态反馈等。于无线传感场景之中,传输模块另外还需负责射频调制、天线匹配、功率控制,而在工业现场场景下,它要适配 RS485、CAN、以太网、Modbus 等多种不同的通信方式。要是数据传输模块的设计存在不合理之处,哪怕前端采集精度比较高,也有可能因为数据丢包、延迟过大、干扰失真或者接口不兼容等情况,从而对系统运行造成影响。所以说,数据传输电子模块属于智能传感器集成优化里的重要对象。

2 智能传感器数据传输模块集成设计面临的问题

2.1 接口复杂与兼容性不足

智能传感器所面临的应用系统具有多样性,不同场景对于数据接口、通信速率、供电电压、数据格式有着不一样的要求。要是电子模块接口设计缺少标准化,那么很容易出现传感器与控制器、网关或者数据平台之间不兼容的状况。部分模块同时具备模拟输入、数字接口、串行通信、无线通信功能,然而接口保护、信号隔离、协议适配不够完善,这有可能导致通信不稳定。接口复杂会加大 PCB 布线的难度,使得模拟信号、数字信号、电源信号相互之间产生干扰。想要提高集成水平,就得从接口标准、信号电平、通信协议、扩展能力等方面进行统一规划,以此减少后期的适配成本。

2.2 低功耗与高性能之间存在矛盾

智能传感器通常被部署在依靠电池供电、通过能量采集来获取能量或者长期处于无人值守的场景之中,所以低功耗成为电子模块设计的一项基本要求。不过数据传输模块在进行通信的时候常常会产生比较高的瞬时功耗,尤其是在进行无线发送、进行长距离通信、进行高频数据上传时,功耗压力越来越明显。要是过度降低传输功率,有可能致使通信距离缩短、丢包率升高、系统响应变慢,要是持续维持高性能通信状态,就会使节点寿命缩短。低功耗和高性能之间存在的矛盾,促使模块在硬件设计、软件调度方面达成动态平衡,像分时工作、休眠唤醒、数据缓存、事件触发上传、自适应发射功率控制等方式。

2.3 电磁干扰与信号完整性问题突出

智能传感器数据传输电子模块一般把模拟前端、微控制器、电源转换器、通信单元整合在较小的空间里,这样容易造成噪声耦合。开关电源纹波、数字电路时钟边沿、射频发射信号还有外部电磁环境,都有可能对微弱的传感信号产生影响。高速数字信号传输还会引发反射、串扰、地弹、阻抗不连续等问题,进而影响数据完整性。在无线模块当中,天线布局、地平面完整性、射频走线匹配也会直接影响传输质量。要是集成设计仅仅关注功能堆叠,却忽略电磁兼容和信号完整性,那么模块实际的可靠性将很难得到保证。

3 智能传感器数据传输电子模块集成优化关键技术

3.1 接口电路与协议适配优化

接口电路优化是达成模块集成化的根基所在。智能传感器能够依据应用的各项需求来设置标准化的接口,像 I²C、SPI、UART、RS485、CAN、以太网或者无线通信接口等,并且借助模块化的设计来增强适配的能力。在模拟传感器输入的情况之下,需要增添必要的保护措施、滤波功能、阻抗匹配,针对数字通信接口而言,要着重留意电平转换、隔离保护、抗浪涌的能力。在协议适配这一方面,可以在控制单元当中完成数据封装、地址管理、校验机制、通信状态反馈等工作,进而使得传感器能够迅速接入不同的系统当中。接口优化的目标并非尽可能多地去堆叠接口,而是要依据应用场景挑选稳定、低功耗、易于扩展的通信方式,同时确保数据格式规范统一。

3.2 低功耗通信与数据调度优化

优化数据传输功耗要从通信模式、数据调度这两方面着手。说到通信模式,模块需要依据距离、带宽、功耗、

实时性的要求来挑选有线或者无线的方案。有线通信适宜用于抗干扰、稳定性要求比较高的场景，无线通信则适宜用于布线存在困难并且节点比较分散的场景。低功耗无线模块能够采用间歇通信、休眠唤醒、功率分级控制等方式，以此减少无效的发送时间。在数据调度方面，传感器没有必要把所有的原始数据连续不断地上传，可以借助本地缓存、阈值判断、数据压缩、变化量上传等手段来降低通信频率。针对变化比较缓慢的数据，能够延长上传周期，针对异常数据，可提高传输优先级。如此一来既能够确保关键数据及时传输，又能够降低平均功耗。

3.3 电源管理与能耗协同优化

电源管理模块对智能传感器电子模块的长期运行能力有着直接影响。在进行集成优化时，需把传感器前端、控制处理单元、通信模块、外围接口划分成不同的电源域，依据工作状态来分级供电。模拟前端需要低噪声的电源，通信模块需要具备较强瞬态供电能力，而数字处理单元则需要有低功耗待机能力。电源设计要合理挑选 LDO、DC-DC 转换器、电源开关，同时兼顾效率、纹波还有响应速度。对于无线通信模块而言，要特别留意发送瞬间的电流冲击，防止因电源跌落致使系统复位。借助动态电压调节、模块休眠、外设断电、低功耗时钟管理等方式，能够提高整体能效，让模块在不同工作状态下维持合理的功耗水平。

4 智能传感器电子模块硬件集成实践优化路径

4.1 PCB 布局与信号路径优化

PCB 布局属于电子模块集成优化里相当关键的部分。智能传感器模块一般涵盖模拟、数字、电源、通信功能区域，需要依照信号流向来进行分区布局。敏感模拟前端应当靠近传感器输入端，以此来缩减高阻抗信号的走线长度，数字处理、通信单元要和模拟前端维持合理的距离，防止时钟和射频信号耦合至采集通道，电源转换区域要远离弱信号输入，还要借助滤波、地回流控制来降低纹波所产生的影响。高速数字线与射频线要把控好阻抗，减少不必要的过孔、分支。优质的 PCB 布局能够减少干扰、降低信号损耗，进而提高模块的一致性。

4.2 抗干扰与电磁兼容设计优化

智能传感器通常工作于工业现场、户外环境或者复杂电磁空间里，抗干扰能力是模块可靠性的关键所在。模块需要从接口保护、滤波去耦、接地结构、屏蔽设计、软件容错等多个方面进行综合优化。在传感器输入端可以增加浪涌保护、静电保护、低通滤波，通信接口能够采用隔离

芯片、共模电感、终端匹配，电源端应当设置多级去耦，以此保证不同频段的噪声能够得到抑制。接地设计要避免大电流回流经过敏感区域，模拟地和数字地应该在合理的位置进行连接。对于无线模块而言，天线区域要保持净空，射频地要完整连续。电磁兼容设计并非后期的补救措施，而是应该在模块集成的初期就同步加以考虑。

4.3 结构封装与环境适应性优化

电子模块集成不只是局限于电路方面的集成，还涵盖了结构封装、环境适应性的优化工作。智能传感器面临的环境多样，有高温、低温、湿度、粉尘、振动、腐蚀性气体等情况，所以模块封装要同时考虑散热、防护、信号传输等方面。要是过度密封的话，就可能对散热、无线信号传播产生影响，防护做得不够又会导致湿气侵入并且出现接触不良的状况。模块要依据应用环境来挑选适宜的外壳材料、密封方式、连接器还有固定结构。对于那些需要长期运行的传感器而言，还要考虑器件老化、焊点疲劳、接口氧化等问题。结构优化与电路优化相互配合，能够提高模块在复杂环境中的稳定性、使用寿命。

5 智能传感器数据传输模块集成优化发展方向

5.1 软硬件协同与边缘智能融合

在未来，智能传感器的数据传输模块所承担的功能将不再局限于单纯的数据发送，而是会更多地肩负起本地判断、边缘处理的任务。借助于在模块内集成低功耗微控制器、数字信号处理单元或者轻量化智能算法的方式，可以针对采集到的数据展开预处理操作、异常识别工作、滤波压缩处理、状态判断，以此来减少无效数据的传输。软硬件协同的方式有助于提高系统响应速度，还能够降低网络负载。其中硬件提供稳定采集、可靠通信的基础，软件则负责动态调度、参数配置、故障诊断等工作。伴随着边缘智能的发展进程，传感器模块将会从“数据采集终端”朝着“智能感知节点”转变。

5.2 标准化、模块化与可扩展设计

智能传感器的应用领域非常广泛，要是针对每一种场景都重新去设计电子模块，那么就会使研发、维护成本有所增加。标准化、模块化、可扩展设计对提高产品复用能力是有帮助的。模块能够采用统一的电源接口、通信接口、数据格式还有结构尺寸，并且依据不同的传感器类型来更换前端接口板或者通信子模块。标准化设计也有利于进行批量测试、故障替换、系统集成。对于复杂的物联网系统而言，统一的数据协议和设备识别机制能够降低平台接入的难度。

5.3 高集成芯片与绿色低功耗趋势

随着集成电路工艺不断发展,智能传感器电子模块会逐渐朝着片上系统、系统级封装的方向演进。把传感器接口、ADC、微控制器、存储器、无线通信还有电源管理单元集成在更小的尺寸当中,能够降低功耗、减少寄生参数,进而提高可靠性。绿色低功耗会成为模块设计的重要方向。未来模块应该更多地运用能量采集、自适应功耗管理、超低功耗通信协议、可回收材料来进行设计。高集成并非仅仅是缩小体积,还要提高数据传输效率、降低系统能耗、增强长期运行能力。

6 结论

智能传感器数据传输电子模块的集成优化,对于提高传感系统性能、可靠性、应用适应性而言,是非常关键的环节。相关研究显示,数据传输模块不但会对信息发送效率产生影响,而且与功耗控制、抗干扰能力、数据准确性、系统兼容性、长期维护成本都有关系。目前,智能传感器电子模块面临着诸多问题,如接口复杂、存在功耗约束、

有电磁干扰、信号完整性不足、环境适应性要求有所提高等。有效的优化方案需要从接口电路、通信协议、电源管理、PCB 布局、抗干扰设计、结构封装、软硬件协同等多个方面综合推进。详细来说,要借助标准化接口来提高兼容性,依靠低功耗通信与数据调度延长节点寿命,通过分级供电与动态管理提高效率,利用合理布局和电磁兼容设计保障传输稳定,借助模块化和边缘智能增强系统扩展能力。

[参考文献]

- [1]刘君华.智能传感器系统[M].西安:西安电子科技大学出版社,2010.
- [2]任丰原,黄海宁,林闯.无线传感器网络[J].软件学报,2003,14(7):1282-1291.
- [3]李善平,陈文智,边凯.无线传感器网络技术综述[J].计算机研究与发展,2004,41(1):1-8.

作者简介:郭继玺(1984—),男,汉族,河北邢台人,工程师,河北省委党校毕业,现就职于邢台市财政信息中心,从事财政科研工作。