

基于 GD32 的多信息交互模块设计

王焱雄¹ 王军雄¹ 李文番¹ 马海峰¹

WANG Yaoxiong WANG Junxiong LI Wenfan MA Haifeng

摘要

随着物联网和智能系统的快速发展,系统需要传输和分析各类设备数据,因此在研发前期需要考虑信息转换问题,需从硬件电路与软件控制方面同时进行规划设计,规划设计重复、工作量大且不利于网络扩展。针对上述问题,提出一种基于 GD32 的多信息交互模块设计方案。首先,开展硬件电路设计和器件选型,对通信接口进行规划、硬件功能进行设计。然后,进行软件功能设计,对多种类型通信进行驱动设计和通信协议制定。最后,对多信息交互模块的工作原理进行阐述。方案表明,基于 GD32 的多信息交互模块可以采集、处理和传输各种类型的信息,使设备和系统变得更加智能和高效,可以为物联网和智能系统的多种信息处理提供可靠且高效的解决方案。

关键词

物联网; 智能系统; 嵌入式; 多信息交互; 通信协议

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2024.01.018

0 引言

现代社会对智能化和自动化的需求日益增长,而物联网(internet of things, IoT)和智能系统则成为实现这些需求的关键技术之一。物联网可以被定义为将各种物理设备、传感器和其他对象通过互联网连接起来,实现数据交互和通信的

网络系统。物联网的发展使得环境变得更加智能化、互联互通。通过物联网,各种设备和物品能够相互连接和沟通,从而实现自动化、智能化的操作和服务。智能系统是通过人工智能、机器学习和自动化等技术使设备、系统或软件具备智能化和自主决策能力。它们能够通过不断学习和适应环境的方式,进行自主的决策和操作。智能系统能够根据用户的需求和反馈进行智能优化和个性化服务^[1-4]。物联网和智能系统

1. 西北机电工程研究所 陕西咸阳 712099

[4] MEYER J, NOGUERA J, MICHAEL H, et al. Fast start-up for spartan-6 FPGAs using dynamic partial reconfiguration[C]// Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition. Piscataway: IEEE, 2011: 1-6.

[5] IQBAL M U, KHAWAJA S G, KHAN S A, et al. Framework for dynamic partial configuration of algorithms for ZYNQ-7000 SoC using JPEG as case study[C]// 2022 2nd International Conference on Digital Futures and Transformative Technologies (ICoDT2), Rawalpindi, Pakistan. Piscataway: IEEE, 2022: 1-8.

[6] 张德民, 童庆, 刘贻静, 等. 一种基于 TMS320C6A8168 的 FPGA 动态配置方法[J]. 电子技术应用, 2016, 42(9): 4.

[7] 曹正州, 单悦尔, 张艳飞, 等. 一种分段式控制的 Flash 型 FPGA 的配置方法: CN202111582283.1[P]. 2023-08-15.

[8] 庞立鹏, 蔺旭辉, 马金龙, 等. Flash 型 FPGA 配置方法研究[J]. 电子与封装, 2022, 22(5): 16-20.

[9] 彭东立, 董勃, 程信羲. 一种 FPGA 自主可控的重配置方

法: CN202211004522.X[P]. 2023-08-15.

[10] 蔺旭辉, 马金龙, 曹振吉, 等. 一种应用于 P_Flash 型 FPGA 的配置控制电路: CN202111470362.3[P]. 2023-08-15.

【作者简介】

赵玄润(1997—), 男, 陕西西安人, 硕士, 助理工程师, 研究方向: 计算机网络。

李煜甫(1992—), 男, 陕西渭南人, 硕士, 工程师, 研究方向: 计算机网络。

张立辉(1981—), 男, 河北唐山人, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 计算机网络。

马航航(1995—), 男, 陕西延安人, 硕士, 助理工程师, 研究方向: 计算机网络。

雷俊婷(1997—), 女, 陕西西安人, 硕士, 助理工程师, 研究方向: 计算机网络。

(收稿日期: 2023-06-27)

工作时需要大量采集、传输和分析各种环境和设备数据，因此在研发前期需要考虑信息转换问题，从硬件电路与软件控制方面同时进行规划设计，该种设计耗时较长且重复工作量较大，同时不利于系统的扩展设计。

嵌入式系统在物联网数据处理中具有多项优势^[5-7]。

(1) 灵活性：嵌入式系统可以适应不同应用领域的需求，如工业自动化、智能家居、健康监测等。它可以处理多种类型的信息，如传感器数据、网络通信、设备控制等，从而使系统更加灵活和可扩展。

(2) 实时性和高效性：嵌入式平台能够实现高效的实时数据处理和响应。微控制器具有强大的计算和处理能力，同时具备高速外设接口和丰富的存储器资源，能够满足实时性要求。

(3) 低功耗和成本效益：微控制器具有较低的功耗，并且具有优秀的功率管理特性。此外，嵌入式微控制器在市场上具有良好的供应和竞争价格，能够为嵌入式硬件设计提供成本效益。

针对上述需求，本文提出一种基于 GD32 的多信息交互模块的方案设计，实现将多类信息进行收集并转换交互，在特定协议下对以太网信息、CAN 总线信息、串口信息等多种信息进行互传，具有标准化、模块化的特性，节省研发成本、缩短研发时长。结合嵌入式设计相关技术开展硬件电路设计、软件设计及功能验证，以适用于多种设备。

1 总体方案设计

多信息交互模块方案设计如图 1 所示，主要由微控制器单元、以太网信息处理模块、CAN 总线信息处理模块和串口信息处理模块组成。

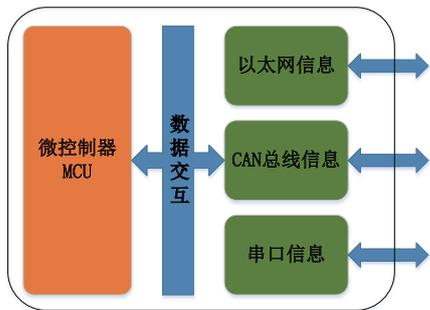


图 1 多信息交互模块方案示意图

微处理器单元负责所有外设接口的控制驱动，并将多种信息按照特定的协议进行转换与互传。以太网、CAN 总线与串口信息处理模块主要承担了信息的物理层处理，集成了完整的交换逻辑和物理层收发器。

2 硬件电路设计

多信息交互模块集成了 1 路 28 V 输入接口、两路 CAN

总线接口、1 路 RS232 接口、1 路 10/100 Mbit/s 自适应以太网接口。硬件电路分为电源管理模块设计、微控制器模块设计、信息收发模块设计和外部电气接插件设计。多信息交互模块实物图如图 2 所示。

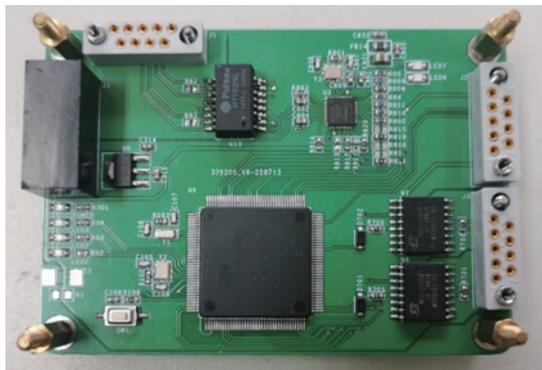


图 2 多信息交互模块实物图

(1) 电源管理模块

电源管理模块为多信息交互模块的供能部分，采用金升阳电源模块，输出功率为 3 W，具有较宽的输出电压输入范围。将外部 28 V 输入通过 DC-DC 转换为 5 V。采用稳压芯片 LM1117 将 DC5 V 转换为 DC3.3 V 微控制器模块供电，具有电流限制和热关断等功能。

(2) 微处理模块

微处理器选用北京兆易创新的 GD32F407ZET6 芯片，该芯片具有 168 M 主频，192 kB SRAM，512 kB Flash，同时包括 2 路 CAN 接口，1 个 10/100M 以太网控制器以及 6 路串口功能。它是一款高性能、低功耗、高集成度的微处理器^[8]。设计微处理器的外围电路，包括复位电路、晶振电路和指示灯电路等。

(3) 信息收发模块设计

根据方案设计，多信息交互模块选用两路 CAN 总线接口、1 路 RS232 接口和 1 路 10/100 Mbit/s 自适应以太网接口。CAN 总线接口芯片采用川土微的集成隔离电源的隔离式 CAN 收发器 JM3062，该芯片集成隔离式 DC/DC 转换器，隔离耐压高达 5000 V，符合 ISO11898-2 标准；RS232 接口采用芯力特的 SIT3232 芯片，该芯片与 MAX3232 芯片引脚兼容，可实现原位替换；以太网接口采用和芯润德的 SR8201F 芯片，具有 RMII 接口，满足 10/100 M 以太网物理层所有功能。

3 软件设计

软件功能包括多信息通信单元与协议、实时时钟（real-time clock, RTC）功能、看门狗复位功能和 LED 指示灯功能，如图 3 所示。多信息通信协议包括应用场景的定制化协议，例如转换帧长度、转换内容信息、转换类型等，根据定制化协议，制定以太网通信、CAN 通信和串口通信的协议内容。

多信息通信单元包括以太网信息单元、CAN 信息单元和串口信息单元的软件驱动。RTC 实时时钟单元是一个独立的计时器系统，不受其他系统组件的影响，可以在断电情况下继续运行，能够提供精确的时间和日期信息，为模块提供准确的心跳频率和时间戳信息。看门狗复位功能是一种硬件机制，用于监控系统的正常运行，并在系统出现故障或停止响应时自动进行复位操作，在系统正常运行时，软件需要定期喂狗，以示系统仍然正常工作。如果因为某些原因，例如软件死锁、代码错误或硬件故障等，导致系统无法正常运行或停止响应，看门狗定时器将超过预设的时间阈值，进而对系统进行硬件复位。LED 指示灯功能可以表示设备或系统的工作状态，可以显示模块网络的连接状态和活动状态，用来向用户提供警告或提示信息。

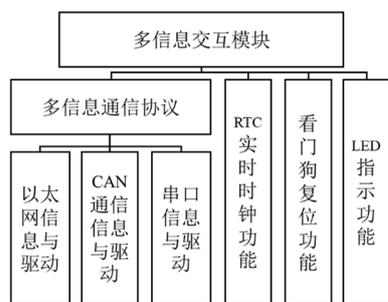


图 3 多信息交互模块软件功能组成

3.1 以太网协议及软件设计

基于 GD32 微处理器，采用 LWIP 协议栈进行网络程序编写。LWIP (lightweight IP) 是一个开源的、轻量级的 TCP/IP 协议栈，特别适用于嵌入式系统和资源有限的设备^[9-10]。在 GD32 芯片上应用 LWIP 网络协议栈具有以下优势。

(1) 轻量级设计。LWIP 是一款轻量级的网络协议栈，设计简洁、内存占用低，适合嵌入式系统和资源有限的设备，这使得它非常适合 GD32 这类低功耗微控制器的应用。

(2) 高度可移植性。LWIP 是一个高度可移植的网络协议栈，可以轻松地针对不同硬件平台进行移植。GD32 芯片系列提供了对 LWIP 的官方支持，简化了在 GD32 上使用 LWIP 的配置和集成过程。

(3) 支持多种协议。LWIP 支持多种网络协议，包括 TCP、UDP、IP、ICMP、ARP 等，以及各种应用层协议（如 HTTP、FTP 等）。

(4) 灵活的 API 接口。LWIP 提供了一组灵活的 API 接口，使得开发人员可以方便地进行网络通信相关的操作，如创建套接字、发送和接收数据、设置网络参数等，简化了在 GD32 上开发网络应用的编程工作。

(5) 多线程支持。LWIP 支持多线程（或任务）并发处理，使得在 GD32 上实现同时处理多个网络连接或任务成为可能。

这对于需要同时处理多个网络连接的应用非常有用。综上所述，LWIP 网络协议栈在 GD32 芯片上应用具备良好的性能和可靠性。

根据多信息交互模块应用需求，在 LWIP 中进行相关配置，程序编写流程如下。

(1) 引入头文件和库文件：在工程中引入 LWIP 相关头文件和库文件，链接 LWIP 库文件到项目中。

(2) 初始化 LWIP 协议栈：在程序初始化时，调用 LWIP 库提供的初始化函数来初始化 LWIP 协议栈，这包括分配内存、设置网络相关参数等。

(3) 配置网络参数：通过修改 LWIP 配置文件或调用相应的 API 函数，根据多信息交互模块的应用需求配置网络参数，包括 IP 地址、子网掩码、默认网关等。

(4) 创建套接字：使用 LWIP 提供的 API 函数创建套接字 (socket)，指定协议 UDP 协议和端口号，创建多个套接字以处理多个连接。

(5) 发送和接收数据函数编写：使用套接字的发送和接收函数，通过套接字发送数据到目标主机或从套接字接收数据，根据应用场景进行数据的封装和解析。

(6) 处理事件和中断：根据网络事件或中断，编写相应的处理代码。例如，当有数据到达套接字时，触发回调函数进行数据处理或通知其他任务。

3.2 CAN 通信协议及软件设计

设计 CAN 通信协议需要考虑以下几个方面。

(1) 帧格式：CAN 通信协议使用帧来传输数据，需要设计帧的格式。包括标识符 (identifier)、数据域 (data field)、控制位 (control bits) 和 CRC 校验 (Cyclic Redundancy Check) 等字段。根据模块应用场景的具体需求，可以选择标准帧格式 (11 位标识符) 或扩展帧格式 (29 位标识符)^[11-12]。

(2) 数据传输机制：确定 CAN 数据的传输机制，包括消息发送的优先级、帧过滤和帧转发等。使用基于标识符的优先级机制，高优先级消息可以中断低优先级消息的传输，还可以设置过滤规则，只接收特定标识符的消息。

(3) 在设计 CAN 通信协议时，需要综合考虑系统的功能要求、通信需求、实时性、可靠性以及硬件资源等因素，确保设计出满足应用需求的稳定、可靠的通信协议。

根据多信息交互模块应用需求，进行相关 CAN 通信配置，程序编写流程如下。

(1) 引入 CAN 通信头文件和库文件：在程序开头引入 GD32 相关的 CAN 通信头文件，并链接 GD32 库文件到项目中。

(2) 初始化 CAN 硬件: 使用 GD32 库提供的函数, 初始化 CAN 控制器、配置 CAN 通信为正常收发模式, 波特率设置需要根据应用场景来确定, 以及引脚复用设置。

(3) 配置 CAN 过滤器: 根据应用场景设置过滤器的标识符、屏蔽位和过滤器模式等, 通过过滤器来过滤接收的 CAN 帧, 节约软件的处理性能。

(4) 创建发送和接收 CAN 通信函数: 创建 CAN 帧的数据结构, 并填充帧 ID、数据长度和数据内容等信息。编写、使用相应的 CAN 帧接收函数, 当有 CAN 帧到达接收缓冲区时进行接收, 并解析出帧 ID 和数据内容进行处理。

(5) 编写接收事件中断: 编写相应的中断处理代码, 当有 CAN 帧到达时, 触发中断处理函数进行数据处理。

3.3 串口通信协议及软件设计

设计串口通信协议需要考虑以下几个方面。

(1) 数据帧格式: 定义每个数据帧的结构和字段含义。包括起始位 (start bit)、数据位 (data bits)、校验位 (parity bit) 和停止位 (stop bit), 起始位用于标识数据帧的开始, 校验位用于检测错误, 停止位用于标识数据帧的结束。

(2) 数据传输顺序: 确定数据传输的字节顺序, 即是小端序 (little-endian) 还是大端序 (big-endian)。在数据帧中按照一定的顺序传输各个字节, 确保接收方能正确解析数据。串口通信软件设计与 CAN 通信程序编写流程基本一致, 不再赘述。

3.4 软件流程设计

多信息交互模块主要工作流程如图 4 所示。

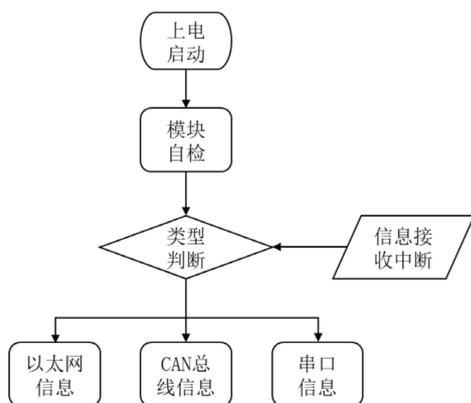


图 4 多信息交互模块软件流程图

在模块上电启动时, 进行软件自检与硬件外设检查, 一旦发现错误与故障, 模块将停止工作, 并通过串口打印故障信息以便进一步分析。在自检通过后, 多信息交互模块将在主循环中进行心跳通信维持和数据处理。当出现信息接收中断时, 根据定制化协议将信息处理为所需的数据类型, 并通

过相应的通信方式转发, 以达到多信息的交互目的。

4 总结

本文首先使用嵌入式技术和多项通信协议, 提出一种基于 GD32 的多信息交互模块的设计方案, 该设计方案具有多信息交互功能、RTC 实时时钟功能、看门狗复位功能和 LED 指示灯功能。然后, 介绍了硬件电路和软件应用的设计过程, 并阐述了多信息交互模块的工作原理。所提出的方案表明, 基于 GD32 的多信息交互模块可以采集、处理和传输各种类型的信息, 使设备和系统变得更加智能和高效, 可以为物联网和智能系统的多种信息处理提供可靠且高效的解决方案。

参考文献:

- [1] 郭贺铨. 物联网的应用与挑战综述 [J]. 重庆邮电大学学报 (自然科学版), 2010, 22(5): 526-531.
- [2] 王保云. 物联网技术研究综述 [J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 23(12): 1-7.
- [3] 严萍, 张兴敢, 柏业超, 等. 基于物联网技术的智能家居系统 [J]. 南京大学学报 (自然科学版), 2015, 48(1): 26-32.
- [4] 邓昀, 李朝庆, 程小辉. 基于物联网的智能家居远程无线监控系统设计 [J]. 计算机应用, 2017, 37(1): 159-165.
- [5] 何立民. 从嵌入式系统视角看物联网 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2010 (10): 5-8.
- [6] 李晓丹. 基于 STM32 的物联网嵌入式网关的设计 [J]. 计算机工程与应用, 2015 (4): 61-65.
- [7] 黄怡, 骆懿, 许晓荣, 等. 基于物联网的嵌入式系统综合实验设计 [J]. 高校实验室科学技术, 2019 (2): 27-30.
- [8] 罗瑞, 徐涛, 卢少微, 等. 基于 GD32F407 及 CL1606 的多通道同步采集系统设计 [J]. 动力与控制, 2020(10): 41.
- [9] 张超, 王志超, 林岩. 基于 LwIP 协议栈的嵌入式网络控制系统设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2019, 19(2): 34-36.
- [10] 杨俊杰. 基于 STM32CubeMX 的 FreeRTOS 和 LwIP 移植 [J]. 信息通信, 2018 (12): 21-23.
- [11] 陈基昕, 王忠, 赵锦宇. 导弹测发控系统 CAN 通信协议的设计与实现 [J]. 兵工自动化, 2018, 37(10): 17-23.
- [12] 倪江群, 唐承佩, 张东, 等. CAN 通信协议及其硬件实现 [J]. 通信学报, 2008, 29(5): 107-113.

【作者简介】

王焱雄 (1993—), 男, 山西运城人, 硕士, 研究实习员, 研究方向: 无人装备。

(收稿日期: 2023-05-27)