

doi: 10.7690/bgzd.2026.06.010

基于 HWD32F429 的双冗余 CAN 数据采集装置

李彦平¹, 陈润星², 何鹏康², 李泽银², 石义金²

(1. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司机器人创新中心, 四川 绵阳 621000;

2. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司特种计算机事业部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对控制器局域网(controller area network, CAN)总线在嵌入式软件领域中的应用问题, 设计一种基于 HWD32F429 的双冗余 CAN 数据采集装置。该装置采用国产芯片 HWD32F429 作为核心处理器, 主要外设包括 CAN 总线接口芯片 JM3062W、FLASH 存储芯片 SM25QH256M、温度传感器 NST175 和串口收发器 GLb2582C, 并适配 FreeRTOS 实时操作系统作为数据采集装置的软件平台, 完成 CAN 总线数据收发与处理, 对运行系统中发生的错误通过指示灯进行提示与预警, 并通过点名式的软件设计降低了因数据节点增多导致的节点故障率和节点数据丢失率。结果表明, 该装置可用于可靠性要求高的军用车辆和船舶监控系统。

关键词: HWD32F429; CAN; FreeRTOS; 数据采集

中图分类号: TP273 文献标志码: A

Dual Redundant CAN Data Acquisition Device Based on HWD32F429

Li Yanping¹, Chen Runxing², He Penggang², Li Zeyin², Shi Yijin²

(1. Robotics Innovation Center, Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China; 2. Department of Special Computer, Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aiming at the application of controller area network (CAN) bus in the field of embedded software, a dual redundant CAN data acquisition device based on HWD32F429 is designed. The device uses a domestic chip HWD32F429 as its core processor, and its main peripherals include a CAN-bus interface chip JM3062W, a FLASH memory chip SM25QH256M, a temperature sensor NST175, and a serial transceiver GLb2582C. It adapts FreeRTOS real-time operating system as the software platform of the data acquisition device, completes the data transmission and processing of CAN bus, and prompts and warns the errors in the running system through the indicator light. The node failure rate and node data loss rate caused by the increase of data nodes are reduced by the design of the software. The results show that the device can be used in military vehicle and ship monitoring systems with high reliability requirements.

Keywords: HWD32F429; CAN; FreeRTOS; data acquisition

0 引言

控制器局域网(CAN)总线是一种 ISO 国际化的通信协议。因其高性能、高可靠性、低功耗以及低成本等优点, CAN 总线在船舶、医疗设备、工业自动化以及工业设备等领域得到了广泛应用^[1-2]。笔者基于国产主控芯片 HWD32F429, 设计一种双冗余 CAN 数据采集装置。通过 CAN 总线, 将使用 CAN 协议的设备接入 CAN 网络, 实时采集运行过程中的各种参数, 实现对数据节点运行状态的实时监测^[3-4]。

1 硬件设计

1.1 HWD32F429 处理器

双冗余 CAN 数据采集装置采用 HWD32F429 作为核心处理器。该 MCU 是基于 ARM®

Cortex®-M4 32-bit RISC CPU, 支持最高 240 MHz 工作频率、1.8~3.6 V 的宽电压范围以及-40~105 °C 的宽温度范围, 外设丰富, 包括 22 个串行通信接口(I2C/UART)、2 路 CAN、3 个独立的 12 bit 2.5 MSPS ADC 等, HWD32F429 系列提供 144 pin、176 pin 的 LQFP 封装, 208 pin 的 TFBGA 封装, 用于高性能变频控制、数字电源, 智能硬件、IoT 连接模块等领域。本文中双冗余 CAN 处理装置采用 144 pin 的 LQFP 封装的 HWD32F429。双冗余 CAN 数据采集装置的模块架构设计如图 1 所示。

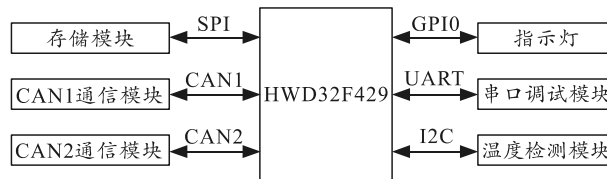


图 1 双冗余 CAN 数据采集装置模块

收稿日期: 2024-12-12; 修回日期: 2025-01-12

第一作者: 李彦平(1987—), 男, 四川人。

1.2 CAN 通信模块

CAN 通信模块采用 SGM4553 电子双通道非反相的双电平转换器和 JM3062W 隔离式控制区域 (CAN) 物理层收发器。SGM4553 有 2 个独立的可配置电源轨，A 端口支持 1.65~5.5 V 的工作电压，同时跟踪 VA 电源；B 端口支持 2.3~5.5 V 的工作电压，同时跟踪 VB 电源，支持较低和较高的逻辑信

号电平，并且不需要方向控制信号，简化电路设计并节约成本。JM3062W 在 CAN 协议控制器和物理层总线之间创建一个完全隔离的接口，并分别提供差分接收和差分发射能力，信号传输速率最高可达 1 Mbps，配合内部集成的隔离式 DC-DC，可隔绝噪声和干扰并防止损坏敏感电路。一路 CAN 通信模块原理如图 2 所示。

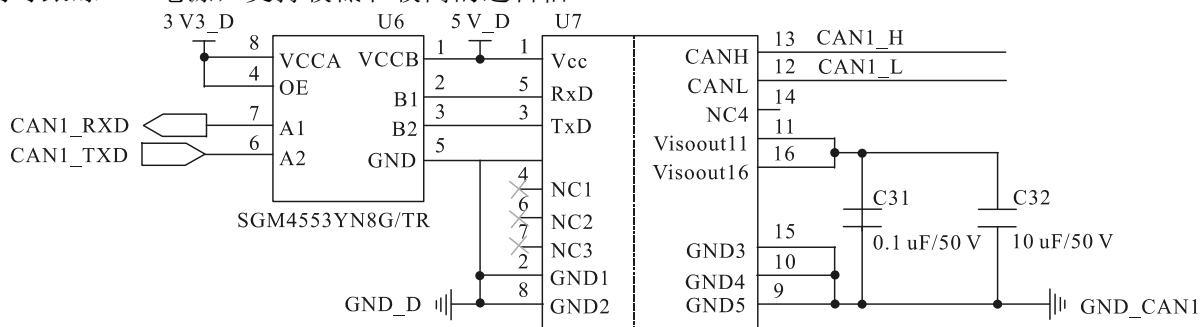


图 2 一路 CAN 通信模块原理

1.3 存储模块

本文中存储模块选用 SM25QH256M 非易失性串行 Flash 存储器芯片，该存储芯片工作电压为 2.7~3.6 V，通过时钟将指令、地址、数据串行的输入到芯片内部，然后经过内部控制逻辑处理后，按照指令要求对芯片进行操作。存储模块原理如图 3 所示。

算或者查表来推导温度，其工作温度范围-55~125℃，分辨率达到 0.062 5℃，适用于工业和消费市场的板载和板外应用。温度检测模块如图 4 所示。

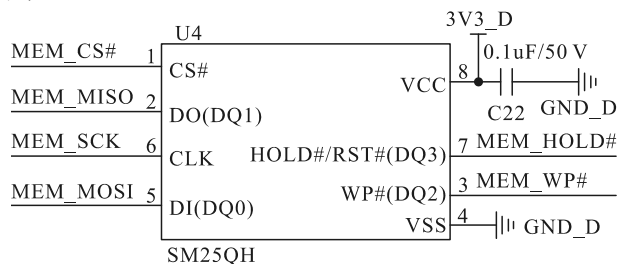


图 3 存储模块原理

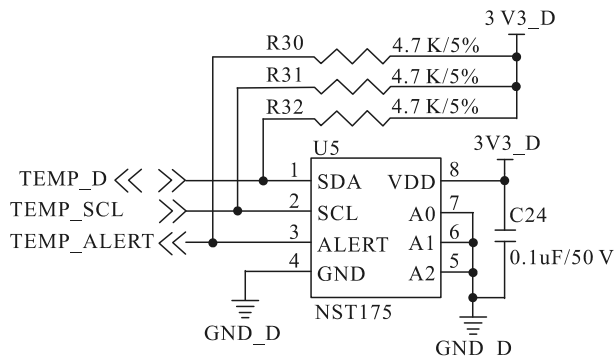


图 4 温度检测模块

1.4 温度检测模块

NST175 是一款低功耗、高精度的数字温度传感器，无需校准，并且高度线性，不需要复杂的计

1.5 串口调试模块

CAN 数据采集装置采用 GLb2582C 收发器，实现串口信号的隔离与电平转换。其中串口调试模块原理如图 5 所示。

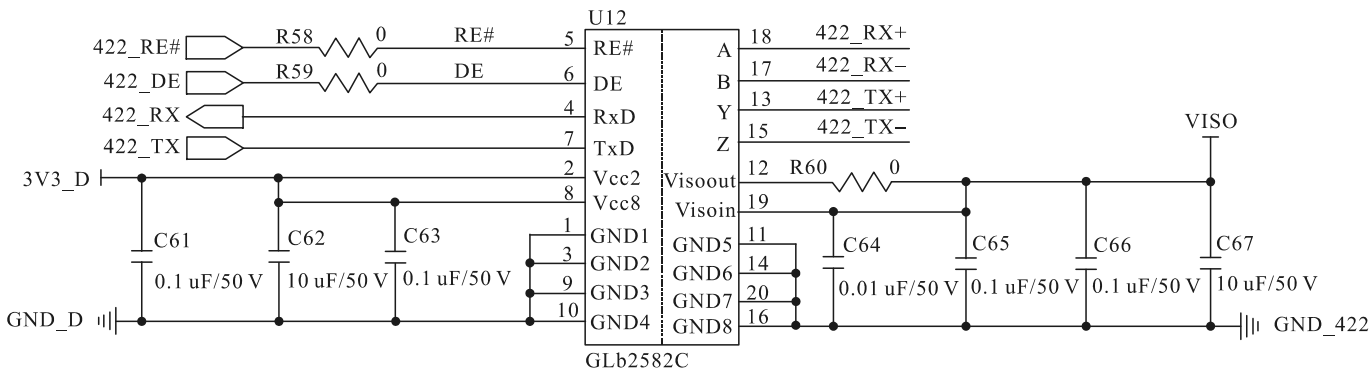


图 5 串口调试模块原理

2 软件设计

2.1 软件设计架构

CAN 数据采集装置嵌入式软件包括：数据处理任务、数据收发任务、串口调试任务、错误处理任务 4 个功能任务。该数据采集装置通过 FreeRTOS 的多任务处理技术，实现任务的同步协作。

CAN 数据采集装置成功启动后，先通过初始化模块对 HWD32F429 中 I2C、SPI、CAN、GPIO 等外设进行初始化。CAN 控制协议寄存器主要包括：控制寄存器、状态寄存器、波特率控制器等。CAN 波特率、CAN 过滤器等配置参数可以通过调试串口进行修改，修改后的配置参数会写入存储模块中进行保存，当重新启动 CAN 数据采集装置后，会先读取存储模块保存的 CAN 初始化配置参数。当软件启动成功后，系统通过 FreeRTOS 的功能调度周期运行。软件设计及架构如图 6 所示。

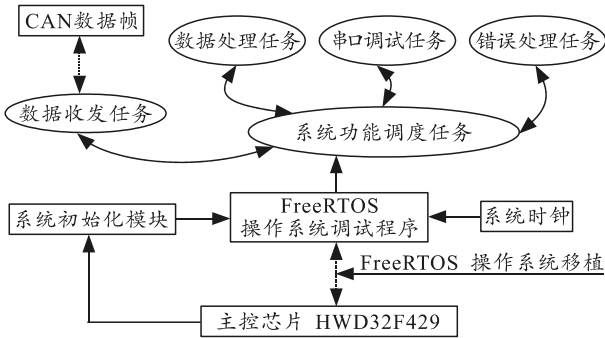


图 6 软件设计及架构

2.2 数据处理任务

标准 CAN 数据帧一般包括：帧起始、仲裁段、控制段、数据段、CRC 段、ACK 段和帧结束，本文中采用扩展帧格式如图 7 所示。

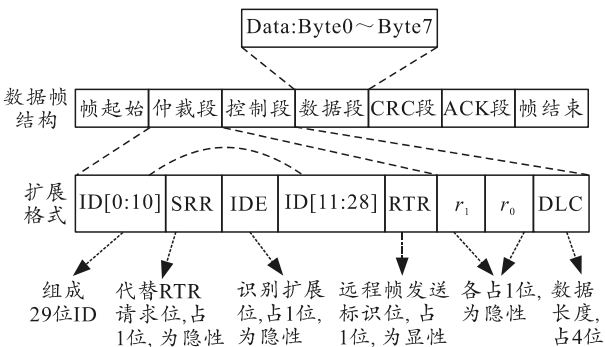


图 7 扩展帧数据格式

RTR 表示帧的类型，RTR=0 表示为数据帧，RTR=1 表示为远程帧。DLC 表示数据帧的实际长度。扩展格式的 ID 有 29 位，帧 ID 的范围是 0000 0000-1FFF FFFF，禁止高 7 位都为隐性。将 CAN

的扩展 ID 重新分配，ID[28: 21]作为 CAN 帧类型，ID[20: 18]作为 CAN 优先级，ID[17: 16]作为备用，ID[15: 8]CAN 帧的目标地址，ID[7: 0]作为 CAN 帧的源地址。

笔者设计的 CAN 帧类型一共定义了 4 种：设备状态帧、设备传输帧、握手指令帧、响应指令帧。设备状态帧包含 8 byte 的数据：设备温度、设备电流值、设备电压值、错误码。数据节点收到设备传输帧发送设备状态帧回应数据采集装置。数据采集装置发送握手指令帧，收到该帧的目标设备发送响应指令帧回应数据采集装置。设备传输帧、握手指令帧、响应指令帧的数据段无信息。

表 1 CAN 帧类型和数据段

帧类型	数据段
设备状态帧	设备温度、设备电流、设备电压、错误码
设备传输帧	无信息
握手指令帧	无信息
响应指令帧	无信息

2.3 数据收发任务

CAN 数据采集装置接入两路 CAN 总线中，接收从外部系统传入的 CAN 协议数据，两路数据接收通道互为冗余，连接如图 8 所示。CAN 数据采集装置会根据 CAN 过滤器对 CAN 总线上的数据进行过滤，选择符合要求数据进行接收。

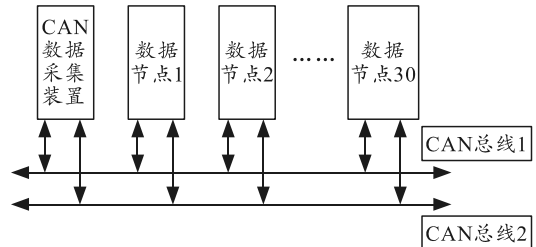


图 8 数据采集装置与数据节点连接

根据 CAN 控制器对各节点 ID 优先级的仲裁规则，节点 ID 数值越大，其优先级就越低。当数据节点同时发送数据时，高优先级的数据节点会抢占低优先级数据节点的总线，导致低优先级的数据节点无法传输完整的数据或者一直无法传输数据；因此，数据采集装置采用点名式的策略来采集各节点数据^[5-6]。

CAN 数据采集装置在采集设备状态数据前，会通过握手指令帧询问 CAN 总线上的数据节点数量。笔者所述的 CAN 数据采集装置支持 30 个数据节点的采集。接着 CAN 数据采集装置会依次向响应握手指令帧的数据节点发送设备传输帧。收到设备传输帧的数据节点会立即发送设备状态帧。如果

CAN 数据采集装置发送设备传输帧后未收到设备状态帧，会重新发送对应目标 ID 的设备传输帧。若超过 3 次仍未收到设备状态帧，将跳过该节点数据，发送下一个设备传输帧。数据采集流程如图 9 所示。

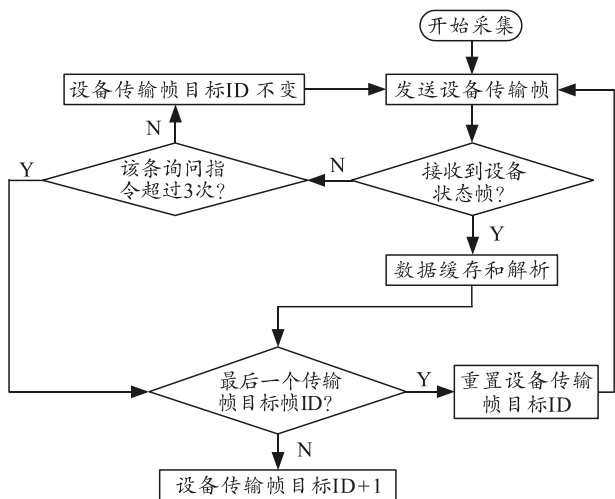


图 9 数据采集流程

2.4 串口调试任务

串口调试任务能够完成包括：CAN 波特率的配置、CAN 过滤器的修改、设备的温度查看、各个节点上的 CAN 实时数据，以及设备故障。通过串口接入测试软件，能够查看各个节点设备状态，以及采集次数。

2.5 错误处理任务

数据采集装置采用 NST175 温度传感器进行温度检测，并对采集到的节点数据进行状态监测。当发现某个设备状态出现异常时，会通过指示灯进行提示和告警。同时，操作人员可以通过调试串口实时监测设备的运行状况。

3 测试验证

基于 QT 平台设计了测试软件验证双冗余 CAN 数据采集装置功能，通过调试串口接入测试软件，测试软件能够查看 CAN 数据采集装置运行状态，以及数据节点的温度、电压、电流、错误码以及被采集次数。

将不同 CAN 节点数据采集装置置于温度循环环境 (-30 °C/h、25 °C/8h、+85 °C/h) 进行可靠性测试，同时设置 CAN 总线波特率为 500 kbps，统计有效节点数量、错误帧数量如表 2、3，以及图 10 所示。

表 2 15 个 CAN 节点测试结果

测试温度/°C	有效节点个数	测试时间/h	错误帧数/fps
-30	15	1	1
25	15	8	0
85	15	1	1

表 3 30 个 CAN 节点测试结果

测试温度/°C	有效节点个数	测试时间/h	错误帧数/fps
-30	30	1	1
25	30	8	0
85	30	1	2



图 10 测试软件结果

4 结论

该装置采用双冗余 CAN 总线硬件架构，并配合点名式通信策略，有效解决了因节点增加导致的故障率上升及数据丢失问题，显著提升了通信可靠性。该方案适用于以 CAN 总线为通信基础的设备，如船舶安全监测系统、军用车辆控制系统等，对推动相关领域国产化替代具有重要价值。

参考文献：

- [1] 代普, 李永锋, 韩建刚, 等. 基于 CAN 总线和大容量数据存储的舰炮远程监控系统设计[J]. 兵工学报, 2022, 43(S1): 88-96.
- [2] 胡道畅, 欧阳中辉, 陈青华, 等. 基于 CAN 总线的特种车辆状态数据采集系统[J]. 兵工自动化, 2021, 40(4): 30-32, 68.
- [3] 郁文君, 任霞, 李开杰. 基于 FPGA 和 STM32 的 CAN 总线数据采集系统[J]. 电子设计工程, 2023, 31(7): 57-61.
- [4] 曾骏, 谷伟, 吴昌成, 等. CAN 总线与以太网的核数据传输系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2022, 22(6): 57-60.
- [5] 皇迎港, 杨洋, 任勇峰, 等. CAN 总线分布式采集模块的优化设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2023, 23(2): 53-56.
- [6] 邓威, 沈守强. 基于嵌入式 CAN 网关的船舶集成平台系统开发[J]. 舰船科学技术, 2023, 45(16): 129-132.