

# 基于 RS485 和 RS232 的机车总线控制器设计

陈昊苓<sup>1</sup>, 张兵<sup>1</sup>, 吴吉恒<sup>2</sup>

(1. 西南交通大学 轨道交通运载系统全国重点实验室, 成都 610031;

2. 眉山中车制动科技股份有限公司, 四川 眉山 620010)

**摘要:** 随着现代机车运行速度和运载能力的提高, 为了保证机车的安全运行, 需要准确采集机车运行的各种参数来进行数据的监控、管理和机车控制, 此外也可以为故障诊断提供数据支持, 因此需要开发一套可以准确、高速传输数据的大容量机车总线控制系统; 设计了基于 RS485 和 RS232 的机车总线控制器, 详细阐述了以 STC8G2K64S4 芯片为核心的主控模块、电平转换模块、时钟模块、电源模块和 LED 指示灯模块的硬件设计以及相互之间的软件逻辑控制和所用通信协议, 通过 4 个串口实现程序的下载以及数据的交换; 主要交换参数包括电压、电流、总有功功率、频率等这些机车运行数据; 测试结果表明该机车总线控制器可以高速、准确、及时地传输各个设备生成或采集到的数据, 为后续的数据分析提供了支持。

**关键词:** RS485 总线; RS232 总线; 机车总线控制器; STC8G2K64S4; Modbus 协议; HostLink 协议

## Design of Locomotive Bus Controller Based on RS485 and RS232

CHEN Haoling<sup>1</sup>, ZHANG Bing<sup>1</sup>, WU Jiheng<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Rail Transit Vehicle System, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Meishan CRRC Brake Science & Technology Co., Ltd., Meishan 620010, China)

**Abstract:** With the improvement of the speed and carrying capacity of modern locomotives, in order to ensure the safe operation of locomotives, it is necessary to accurately collect various parameters of locomotive operation for data monitoring, management and control. In addition, it can also provide data support for fault diagnosis. Therefore, it is necessary to develop a set of large-capacity locomotive bus control system that can accurately and speedily transfer the data, a locomotive bus controller based on RS485 and RS232 is designed. The hardware design of main control module, level conversion module, clock module, power module and LED indicator module with STC8G2K64S4 chip as a core is described in detail, as well as the software logic control and communication protocol between each other. the program download and data exchange are achieved through four serial ports. The main switching parameters include voltage, current, total active power, frequency and other locomotive operating data. The test results show that the locomotive bus controller can transmit the data generated or collected by each device at high speed, accurately and timely, which provides a support for the subsequent data analysis.

**Keywords:** RS485 bus; RS232 bus; locomotive bus controller; STC8G2K64S4; Modbus protocol; HostLink protocol

## 0 引言

目前, 随着轨道交通的不断发展, 为了在提高运行速度的同时增加机车的运载能力, 机车上安装的设备种类越来越丰富, 集成度越来越高, 所需要采集的数据也越来越多, 因此迫切地需要一种大容量、高速度、准确性高的机车总线控制系统。

从 20 世纪 70 年代末开始, 德国、欧美等许多国家对列车总线控制系统进行了较为全面的分析和研究, 许多公司陆续成功推出各自的列车总线控制系统, 但是不同公司之间的通信网络彼此互不兼容。在 1999 年列车通信网络标准(标准号 IEC61375-1) 正式成为了国际标准, 这项新的标准对各种铁道机车车辆的通信系统进行了新的定义, 开放的

通信系统使得车辆之间以及车上的各种电子设备可以互连接、互相交换<sup>[1]</sup>。车辆内部电子设备之间的数据通信依靠现场总线, 而多功能车辆总线作为列车通信网络(TCN)的核心部分可以实现设备间的数据通信<sup>[2]</sup>, 并且其在有较强实时性的同时还能保证较高的可靠性以及良好的容错性<sup>[3]</sup>。我国对于轨道机车车辆通信网络的研发是从 20 世纪 90 年代中期开始的, 但是相比于国外发展速度缓慢。许多单位针对现场总线、TCN 标准总线以及基于 RS485 通信协议的总线等展开研究, 通过自主研发、技术引进等手段开展工作, 也取得了一定的成果。到目前为止, 国内外成功应用在列车上的总线有很多, 比如 Lonworks、CAN、MVB、WorldFIP 和 WTB 等等, 这些总线都有各自的优缺点以及适用范围。

收稿日期: 2023-02-20; 修回日期: 2023-03-17。

基金项目: 国家自然科学基金(U19A20110)。

作者简介: 陈昊苓(1999-), 女, 硕士研究生。

通讯作者: 张兵(1976-), 男, 工学博士, 副研究员。

引用格式: 陈昊苓, 张兵. 基于 RS485 和 RS232 的机车总线控制器设计[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(12): 152-159.

近年来, 轨道交通发展迅速, 高速、智能逐渐成为现代机车的追求目标, 这也就意味着需要更加高速、精准的采集机车运行时的各种数据, 以保证机车运行时的安全。本文设计了一种基于 RS485 和 RS232 的机车总线控制器, 可以高效的完成欧姆龙 PLC、电量变送器 PM130、柴油机控制器 ECM 和他车控制系统几个设备之间的数据交换和简单数据处理。这些数据后续可以发送到机车状态屏实时监控机车运行状态, 并且为更深层次的数据分析提供准确的支撑, 保障机车的安全运行。

### 1 系统总体结构设计、功能

机车总线控制器由硬件和软件两个部分组成。硬件部分主要分为主控模块、电平转换模块、时钟模块、电源模块和 LED 指示灯模块。采用 STC8G2K64S4 芯片作为主控芯片; 时钟芯片采用 DS1307, 其内部有一个内置的电源感应电路, 具有掉电检测和电池切换功能; MAX232 芯片的作用是将单片机输出的 TTL 电平与欧姆龙 PLC 能接收的 232 电平相互转换, 保证正常通信; MAX487 芯片是用于 RS-485 与 RS-422 通信的低功耗收发器, 它完成将 TTL 电平转换为 RS-485 电平的功, 使电量变送器 PM130、柴油机控制器 ECM 和他车控制系统能与单片机之间能够正常通讯。软件部分采用不同的通信标准和协议来进行各个设备之间的数据交换, 交换的数据包括转速、机油压力、工作时间、冷却水温度、电池电压等等。从电量变送器 PM130 和柴油机控制器 ECM 中读取数据通过 RS-485 通信和 Modbus-RTU 协议; 采用 RS-485 通信和自定义协议来完成机车总线控制器与他车控制系统的数数据交换; 欧姆龙 PLC 与机车总线控制器进行数据交换是利用其专有的 HostLink 协议以及 RS-232 总线。机车总线控制器通过 4 个串口完成各个设备之间的数据交换、简单数据处理以及程序的下载, 本车和他车数据交替发送, 系统数据传输如图 1 所示。

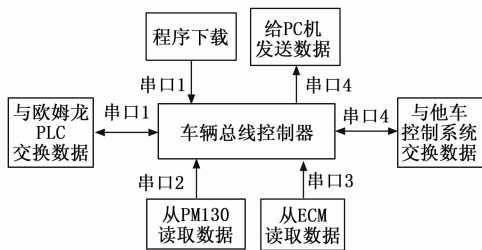


图 1 系统数据传输框图

### 2 硬件设计

机车总线控制器基于 STC8G2K64S4 芯片, 由主控模块、两个电平转换模块、时钟模块、电源模块和 LED 指示灯电路组成。

#### 2.1 主控模块

机车总线控制器选用 48 管脚的 STC8G2K64S4 芯片作为微控制器, 其相比于传统 8 051 有更多优点。STC8G 系

列单片机不需要外部晶振和外部复位, 其超强抗干扰、可靠性高、价格低、功耗低、速度快等等, 比传统的 8 051 速度快 11.2~13.2 倍。除此之外, STC8G 系列单片机是 STC 生产的单时钟单片机, 其指令代码完全兼容传统 8 051, 编写程序时方便快捷。该系列单片机还具有 4 个全双工异步串行通信接口, 一般由 2 个数据缓冲器、1 个串行控制寄存器、1 个移位寄存器和 1 个波特率发生器组成 1 个串行口。MCU 内部有 3 个可选时钟源, 即内部高精度 IRC 时钟 (ISP 下载时可进行调节)、内部 32 kHz 的低速 IRC 和外部 4~33 M 晶振或外部时钟信号; 提供两种低功耗模式, 即 I-DLE 模式和 STOP 模式。MCU 还提供了丰富的数字外设接口和模拟外设, 例如串口、I2C、SPI 等等, 可以满足设计的很大部分需求。单片机 STC8G2K64S4 最大 64 K 字节 FLASH 程序存储器 (ROM), 用于存储用户代码; 128 字节内部直接访问 RAM (DATA), 128 字节内部间接访问 RAM (IDATA), 2 048 字节内部扩展 RAM (内部 XDATA), 可用于存放程序执行的中间结果和过程数据, 可以满足 4 个设备之间的大量数据存储及传输。STC8G2K64S4 的数字外设支持 4 个高速串口, 即串口 1、串口 2、串口 3 和串口 4, 波特率时钟最快可为晶振频率 (FOSC) 的 1/4, 可提高数据传输效率, 节约时间。其中串口 1 有 4 种工作方式 (两种波特率可变, 两种波特率固定) 以适应不同的工作场合, 串口 2、串口 3 和串口 4 只有两种波特率可变的工作方式。STC8G2K64S4 最多可达 45 个 GPIO, 所有的 GPIO 均支持准双向口模式 (标准 8 051 输出口模式)、强推挽输出模式、开漏输出模式和高阻输入模式这 4 种模式。除了 P3.0 和 P3.1 外, 其余所有 I/O 口上电后状态均为高阻输入状态, 设置 I/O 口模式后才能使用 I/O 口, 另外每个 I/O 口均可独立使能内部 4 K 上拉电阻<sup>[4]</sup>。其电路如图 2 所示。

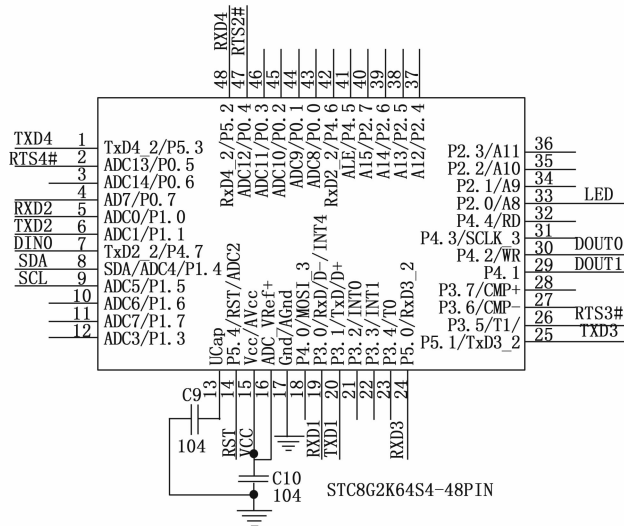


图 2 主控模块电路图

#### 2.2 电平转换模块

机车总线控制器有两个不同的电平转换模块: 一个是

完成 TTL 电平与 RS-485 电平的转换，另一个是将 TTL 电平与 RS-232 电平进行转换，保证系统可以正常通信。

电平转换模块 1：设备电量变送器 PM130R、柴油机控制器 ECM 和他车控制系统输出的是 RS-485 接口数字信号，STC8G2K64S4 单片机只能接收 TTL 电平，二者想要通讯必须进行电平转换。RS-232 标准采取不平衡传输方式（即单端通讯），而 RS-485 标准是弥补 RS-232 通讯距离短、速率低、抗干扰能力弱而产生的，它采用差分传输方式（也称为平衡传输），因此机车总线控制器设计了 RS-485 与 RS-232 的 TTL 电平转换电路。RS-485 电平与 TTL 电平转换的常用芯片有 MAX485 和 MAX487，两者的性能比较如表 1 所示<sup>[7]</sup>，本文选用 MAX487 芯片作为电平转换芯片。MAXIM 公司生产的 MAX487 芯片可以将 TTL 电平与 RS485 电平进行转换，以达到通信的目的，它是由一个驱动器和一个接收器组成的差分平衡型收发器芯片<sup>[5]</sup>。MAX487 芯片具有限摆率驱动器，可以减小 EMI，并且具有低电流关断模式，静态电流小、抗干扰能力强，它完全遵从 RS-485 串行通信协议<sup>[6]</sup>。该芯片需要 +5 V 电源供电，工作电流在 120~500  $\mu$ A，驱动器有过载保护功能。

表 1 MAX485 和 MAX487 性能对比

芯片	通信速率/Mbps	挂载终端数	静态电流/ $\mu$ A
MAX485	2.5	32	300
MAX487	0.25	128	300

在整个原理图中有 3 个相同电平转换电路，分别转换电量变送器 PM130R、柴油机控制器 ECM 和他车控制系统的信号，其中一个电平转换电路如图 3 所示。电路图中的 TLP521-4 芯片是一个光电耦合器，它可以使之前端与负载完全隔离，目的在于增强电路安全性，减小电压干扰，简化电路设计。

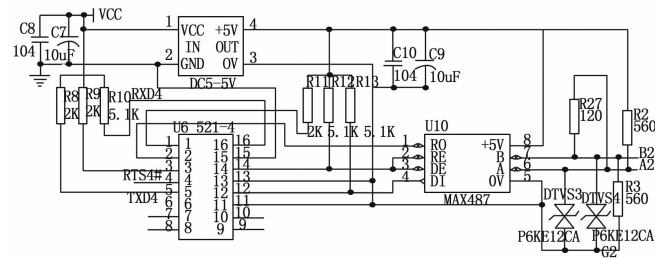


图 3 电平转换模块 1 电路图

电平转换模块 2：由于 RS232 电平与单片机所能接收的电平具有很大的差异，不能直接进行数据通信，因此两者想要正常通信必须将信号进行电平转换<sup>[8]</sup>。MAX232 可以使 RS-232 电平与 UART 电平相互转换，实现标准 RS-232 串口电平与单片机 UART 之间的通信连接，并且 MAX232 芯片可以节省电源以降低电源需求。在非常基础的层面上，驱动器将 TTL 和 CMOS 电压电平转换为兼容串行端口通信的 TIA/EIA232-E 电平<sup>[9]</sup>。为了使设计更加简便，减少串口

数量，本文设计串口 1 具有两个功能，一是进行程序的下载；二是进行数据的接收与发送，与欧姆龙 PLC 进行数据交换。具体实现原理：1) 当串口 1 进行程序下载时，MAX232 芯片不起作用。电路图如图 4 所示，单片机的 P3.0 和 P3.1 与 CN1 的 2 和 3 脚相连接，完成程序下载功能；2) 当串口 1 不用于程序下载时，作为与欧姆龙 PLC 数据交换的串口，MAX232 将欧姆龙 PLC 的数据信号与单片机可识别的 TTL 信号进行转换。原理如图 5 所示，MAX232 芯片的一端输入输出引脚 T2in 和 R2out 接单片机的 P3.1 和 P3.0，对应串口 1 的输入输出；另一端输入输出引脚 R2in 和 T2out 接 CN3 的 15 和 14 脚，对应连接设备欧姆龙 PLC 的端口，由此完成欧姆龙 PLC 与单片机的数据传输功能。

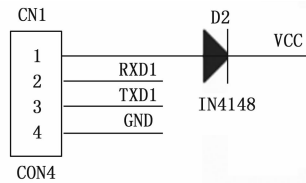


图 4 程序下载电路图

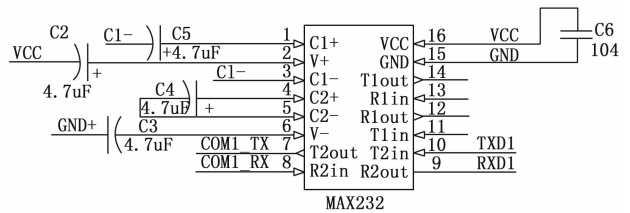


图 5 电平转换模块 2 电路图

### 2.3 时钟模块

时钟模块的芯片采用 DS1307 芯片，它是美国 DALLAS 公司推出的 I2C 总线接口低功耗实时时钟芯片，它的特点是 不会受到 CPU 的影响，定时准确性高，误差小，是一种可以独立于 CPU 工作的芯片<sup>[6]</sup>。地址和数据通过 I2C 双向总线串行传输。时钟提供秒、分、时、日、月、年和年信息。对于少于 31 天的月份，月末日期会自动调整，包括闰年的更正。时钟以 24 小时或 12 小时格式运行，并带有 AM/PM 指示器。DS1307 对于如何保证定时准确性有一套自己的“方法”，当主电源故障或者因其他外部原因不能正常供电时，其内置的电源感应电路可以检测到故障并且自动切换到备用电源，以保证 DS1307 的正常工作。当部件通过备用电源工作时，计时操作继续进行，采用 CR2016 型号的电池用来给时钟芯片供电，保证断电后时钟芯片也可以正常计时。DS1307 依靠备用电源工作时与依靠主电源工作时有一些不同之处，前者对于 CPU 的读写访问不予接受。除此之外，DS1307 内部集成的 SRAM 可以保存关键数据，以防数据丢失。时钟模块的电路如图 6 所示，DS1307 芯片外接一个 32.768 kHz 的晶振，并且 VBAT 需要接入 3.0 V 电源来实现断电保护功能，VCC 接收 2.0~5.0 V 电源，

SCL 和 SDA 引脚分别接到单片机 STC8G2K64S4 的 P1.5 和 P1.4 脚。

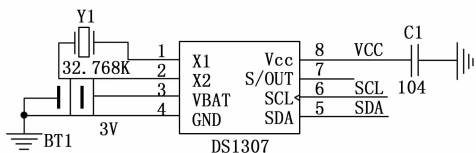


图 6 时钟模块电路图

## 2.4 电源模块

单片机电源模块的作用是完成电压的转换, 即升压或降压, 可以将交流电或者直流电变成设计所需要的交流电或者直流电, 其体积小、可靠性高、成本低。现在单片机的工作电压一般为 DC5 V 或 DC3.3 V, 在压差不太大的情况下通常选用降压芯片来实现电压的转化。单片机 STC8G2K64S4 的工作电压范围为 1.9~5.5 V, 采用星原丰泰 XZR05/24S05 芯片, 将 DC24V 转换为 DC5V 供给单片机使用。其电路如图 7 所示。

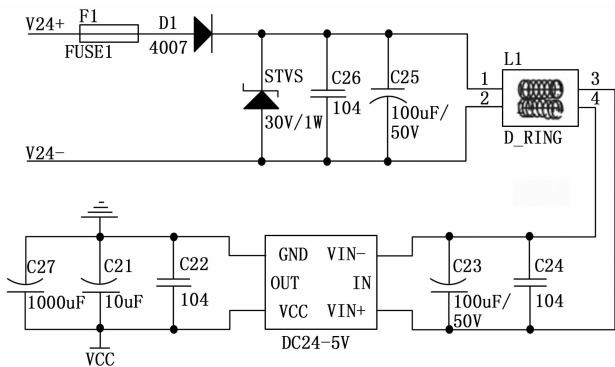


图 7 电源模块电路图

## 2.5 LED 指示电路

LED 指示灯电路原理如图 8 所示, 由 1 个红色 LED 灯和 4 个绿色 LED 灯组成, 可以直观清楚的看到各个设备与机车总线控制器之间数据的交换状态。

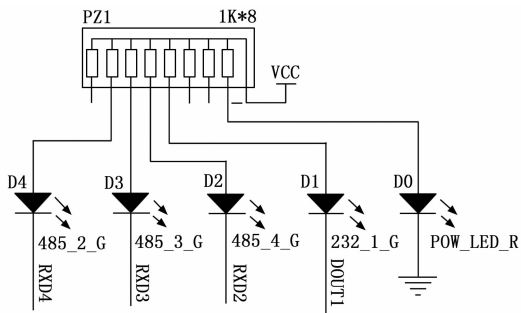


图 8 LED 指示灯电路图

各 LED 灯表示状态如下:

- 1) 当机车总线控制器接入电源时, D0 灯亮起;
- 2) 当欧姆龙 PLC 与机车总线控制器交换数据时, LED 灯 D1 闪烁, 每交换一次数据小灯闪烁一次;
- 3) 电量变送器 PM130 每传输一组数据给机车总线控

制器, 小灯 D2 闪烁一次;

4) 柴油机控制器 ECM 每传输一组数据给机车总线控制器, 小灯 D3 闪烁一次;

5) 他车控制系统与机车总线控制器每交换一次数据小灯 D4 闪烁一次。

## 3 软件设计

### 3.1 通信协议

机车总线控制器的软件部分对不同的连接设备分别采用不同的通信方式和协议。接收电量变送器 PM130 和柴油机控制器 ECM 的数据采用 RS-485 通信和 Modbus-RTU 协议; 与他车控制器交换数据采用 RS-485 通信和自定义协议; 与欧姆龙 PLC 通信采用 RS-232 通信和其专有的 Hostlink 通信协议。

#### 3.1.1 RS-485 通信和 Modbus 协议

由于 RS-485 总线具有平衡差分传输的特性, 其抗干扰能力强, 传输距离远, 具有很强的级联能力。它可以实现远程多站的通信, 成本低, 组网方便, 并以广泛应用于工业控制领域<sup>[10]</sup>。随着网络通信在工业中应用越来越广泛, 施耐德电气在 1979 年提出了一种可以用于工业现场的总线协议——Modbus 协议。尽管 Modbus 协议是在 30 多年前开发的, 但仍是现在很多公司的首选, 因为它易于实现, 坚固耐用, 通用且价格低廉<sup>[11]</sup>。在现代工业中, 使用 RS-485 通讯场合很多都采用 Modbus 协议。Modbus 协议可以让控制器之间以及控制器与其他设备之间进行通信, 并且通信效率和精度都不错, 因此在电子控制器上该协议逐渐成为一种通用协议<sup>[12]</sup>。Modbus 有两种通信传输方式, 即 ASCII 模式和 RTU 模式。在 Modbus 协议的通信传输方式中, Modbus-RTU 传输方式是高度首选的协议, 因为它非常坚固并且需要非常少的内存<sup>[13]</sup>。由于 51 单片机无法实现数据字节是 7bit 数据位的 ASCII 模式, 并且在同样的波特率下, RTU 模式可比 ASCII 模式传送更多数据, 因此选用 Modbus 协议的 RTU 模式。

RTU 模式的数据格式约定为起始位+地址码+功能码+数据区+校验码+停止位, 其中起始位和停止位实际上没有任何数据, 起始位是指在消息发送之前需要有一段不小于 3.5 个字符时间的间隔, 停止位是指一段消息的结束是以不小于 3.5 个字符时间的停顿为标志的; 地址码是 8 bit 的设备地址, 每个从机都有唯一的地址码; Modbus 通讯规定了部分功能代码, 此外也保留了部分功能代码作为备用或者用户自定义, 不同的功能码代表从机需要执行的不同任务; 数据区是  $n$  个 8bit 数据,  $n$  的值由功能码决定; 校验码是指 16 bit 的 CRC 校验码, 低位在前, 高位在后。在传输过程中, CRC 值从地址、功能码和数据字段获取, 并作为消息的一部分进行传输。收到消息后, 根据接收到的地址、功能码和数据字段重新计算 CRC 值, 然后与接收到的 CRC 值进行比较。如果两个值都一致, 则消息被视为有效并进行处理。否则, 该信息将被视为已损坏并被丢弃, 且不会发出任何通知<sup>[14]</sup>。

电量变送器 PM130 和柴油机控制器 ECM 采用 Modbus-RS485 协议进行通信, 通信的命令帧格式和回复帧格式如表 2 和表 3 所示。Modbus 通信协议规定, 若正确回复则回复帧的设备地址和功能码与命令帧的设备地址和功能码一致。

表 2 命令帧格式 bit

设备地址	功能码	数据起始地址	数据长度	CRC 校验码
8	8	16	16	16

表 3 回复帧格式 bit

设备地址	功能码	数据长度	数据 1	...	数据 N	CRC 校验码
8	8	8	16	...	16	16

电量变送器 PM130 的通信将波特率设置为 9 600 bit/s, 8 个数据位, 1 个停止位, 采用偶校验。其设备地址为 01H, 采用功能码 03H, 名称为读取保持寄存器, 其作用是在一个或多个保持寄存器中取得当前二进制值。柴油机控制器 ECM 的通信将波特率设置为 9 600 bit/s, 8 个数据位, 2 个停止位, 无奇偶校验。其设备地址为 01H; 采用功能码 04H, 名称为读取输入寄存器, 其作用是在一个或多个输入寄存器中取得当前二进制值。电量变送器 PM130 和柴油机控制器 ECM 的设备地址均为 01H, 但是两者分别是不同总线上的 01H 地址, 与 Modbus 协议所规定的设备有唯一地址不冲突。

### 3.1.2 RS-485 通信和自定义协议

他车控制器与单片机交换数据采用 RS-485 通信以及自行设置的通信协议。波特率设置为 2 400 bit/s, 1 个起始位, 8 个数据位, 1 个停止位, 采用偶校验。该通信协议的数据帧格式设置为起始码 + 数据量 + 数据区 + 校验和高位和低位 + 结束码, 其中起始码来源于欧姆龙 PLC; 数据量由控制器生成, 固定为 32H; 校验和由控制器生成, 其含义是先将字节序号 3 到 52 按字的方式相加 (带进位标记), 再取该和的低十六位数据, 校验和高位为此十六位数据的高八位数据, 校验和低位由此十六位数据的低八位再与 FEH 相与得到; 结束码为两个 FFH。该协议说明流程如图 9 所示。

### 3.1.3 RS-232 通信和 HostLink 协议

随着通信技术的不断发展, 通信方式越来越丰富, 而大部分的仪器、电子设备都需要通过串口与计算机连接来进行通信, 因此 RS232 总线仍然是现在应用最广泛的通信方式。虚拟仪器具有很好的扩展性, 一般来说是由通用接口总线、标准总线和应用软件组成的, 当今应用最普遍的组成方式是将具有 RS232 总线接口的仪器通过 RS232 总线与上位机相连接<sup>[15]</sup>。

在工业应用中, PLC 作为下位机与上位机通过传输协议完成数据通信<sup>[16]</sup>。通过制定双方都遵循的通信协议可以保证上位机与下位机之间能够完成正常的通信<sup>[17]</sup>。欧

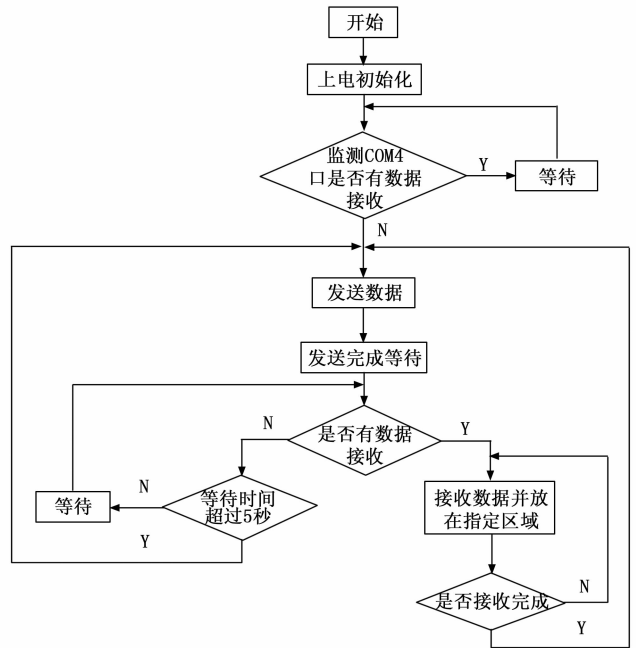


图 9 协议流程图

姆龙有其专用的通信协议——HostLink 协议, 其通信是通过计算机的 RS232 总线与 PLC 连接来完成<sup>[18]</sup>。HostLink 的通信方式是主从总线式, 只有上位机主动发送命令时通信才能开启, 通信过程是由上位机发送命令给 PLC, PLC 收到后自主识别命令并执行命令, 执行完将结果返回给上位机<sup>[19]</sup>。在数据通信过程中, 上位机与 PLC 的数据交换都是通过帧的形式。HostLink 系统最大特点是可采用多种方式通信, 即采用 RS-232 方式是基于 1: 1 的通信, 距离为 15 m; 采用 RS485 方式是实现 1: N 的通信, 即一台上位机与多台 PLC 进行通信, 最多可有 32 台 PLC 连接到上位机, 通信距离最大可达 1 200 m<sup>[20]</sup>。

欧姆龙 PLC 与单片机的通信采用 RS-232 总线以及 Hostlink 通讯协议。波特率设置为 2 400 bit/s, 1 个起始位, 7 个数据位, 1 个停止位, 采用偶校验。发送帧的基本格式为 @ + 机号 + 识别码 + 正文 + FCS 校验码 + 终止符, 其中 @ 为帧开始的标志; 机号是指定与上位机通信的 PLC; 正文设置命令参数; FCS 校验码是从 @ 开始到正文结束的所有字符的 ASCII 码按位异或运算的结果, 分为高位和低位; 终止符为命令结束符。回复帧的基本格式为 @ + 机号 + 识别码 + 结束码 + 正文 + FCS + 终止符, 其中机号为应答的 PLC 号, 与上位机指定的 PLC 号相同; 识别码是指该数据帧的通信命令码, 与上位机所发命令码相同; 结束码要判断返回命令结束有无错误等状态; 正文是设置命令参数, 仅在上位机有读数据时生效; FCS 校验码由 PLC 计算给出。

### 3.2 控制器软件设计

机车上安装有不同种类的传感器来采集不同的数据, 例如电量变送器、漏油传感器、水温开关、水温传感器、

油压传感器和转速传感器等等, 这些传感器采集到的数据会通过 RS-485 总线传输给欧姆龙 PLC。串口 1 接收 PLC 生成或采集到的数据, 并将电量变送器 PM130 和柴油机控制器 EMC 采集到的数据以及控制器生成的通讯状态消息发送给 PLC。串口 1 与欧姆龙 PLC 的数据交换如表 4 所示。

表 4 串口 1 与欧姆龙 PLC 的数据交换

数据名称	类型	数据来源
A、B 车确认信号	OUT	PLC 采样
中冷器水温	OUT	PLC 采样
DC600V 电压	OUT	PLC 采样
DC600V 电流	OUT	PLC 采样
状态数据 1、2	OUT	PLC 生成
状态数据 3	OUT	PLC 生成
消息数据 1	OUT	PLC 生成
机组类型	OUT	PLC 生成
电池电压	OUT	PLC 生成
转速	IN	ECM
冷却水温	IN	ECM
机油压力	IN	ECM
柴油机运行时间	IN	ECM
柴油机运行时间	IN	ECM
ECM 工作时间	IN	ECM
ECM 工作时间	IN	ECM
电压 U12	IN	PM130
电压 U23	IN	PM130
电压 U31	IN	PM130
电流 I1	IN	PM130
电流 I2	IN	PM130
电流 I3	IN	PM130
总有功率	IN	PM130
频率	IN	PM130
通讯状态(消息 2)	IN	控制器生成

与机车总线控制器相连的 4 个设备会生成或采集机车上代表不同含义的数据, 需要规定串口 4 缓冲区中的不同位置所代表的数据含义, 将接收到的设备采集数据放入串口 4 缓冲区中对应位置然后发送出来。串口 4 发送的数据内容如表 5 所示, 从表中可以看出每个设备生成或采集到的数据。

机车总线控制器的程序流程如图 10 所示, 每个串口数据缓冲区中的不同位置都对代表不同含义的数据, 并且不同含义的数据来自于不同的设备, 因此需要从指定的串口接收指定设备的指定数据, 然后放到串口 4 缓冲区中的相应位置。程序流程如下:

1) 进行系统硬件初始化以及设置串口初始值;

2) 判断是哪个串口。若是串口 1, 则给欧姆龙 PLC 发送读命令或者写命令。发送读命令时, 从 PLC 中读取相应的数据, 目的是后续将数据发送到串口 4 的缓冲区中; 发送写命令时, 将电量变送器 PM130、柴油机控制器 EMC 和控制器生成或采集到的数据发送给 PLC; 若为串口 2 或者串口 3, 则发送命令帧给电量变送器 PM130 和柴油机控制

器 ECM, 以便收到设备相应的回复数据; 若为串口 4 则发送数据。

3) 再次判断是哪个串口。若为串口 1, 则将欧姆龙 PLC 生成或采集到的数据放入串口 4 缓冲区中相应位置; 若为串口 2, 则取出电量变送器 PM130 的数据放入串口 4 缓冲区中相应位置; 若为串口 3, 则从柴油机控制器 ECM 取相应数据放到串口 4 缓冲区中相应位置; 若为串口 4 则发送数据。

表 5 串口 4 发送数据内容

字节序号	数据名称	数据来源
1	起始码	PLC
2	数据量	控制器生成(固定 32H)
3、4	电压 U12	PM130
5、6	电压 U23	PM130
7、8	电压 U31	PM130
9、10	电流 I1	PM130
11、12	电流 I2	PM130
13、14	电流 I3	PM130
15、16	总有功率	PM130
17、18	总功率因数	PM130
19、20	频率	PM130
21、22	备用	
23、24	备用	
25、26	电度低位	PM130
27、28	电度高位	PM130
29、30	柴油机运行时间	ECM
31、32	柴油机运行时间	ECM
33、34	电池电压	PLC
35、36	转速	ECM
37、38	机油压力	ECM
39、40	冷却水温	ECM
41、42	中冷器水温	PLC
43、44	DC600V 电压	PLC
45、46	DC600V 电流	PLC
47	机组类型代码	PLC
48	消息数据 2	控制器生成
49	状态数据 1	PLC
50	状态数据 2	PLC
51	状态数据 3	PLC
52	消息数据 1	PLC
53	校验和高位	控制器生成
54	校验和低位	控制器生成
55	结束码	FF
56	结束码	FF

第四步: 将串口 4 缓冲区中收到的数据发送给 PC 机, 本车和他车数据交替发送。

#### 4 系统测试及结果分析

机车总线控制器的硬件部分和软件部分设计完成后, 需要对该系统进行测试, 验证该机车总线控制器的有效性

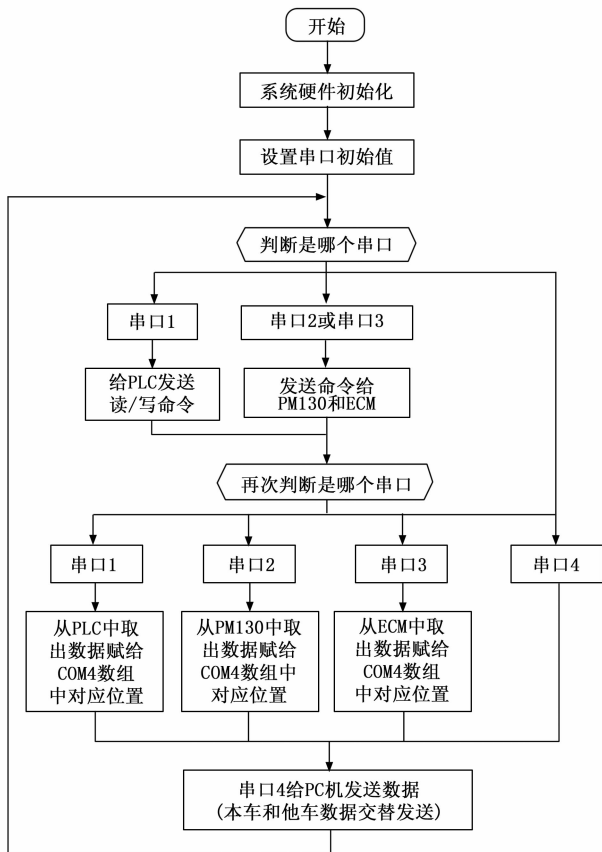


图 10 程序流程图

和正确性。进行了两个方面的测试和对比较验证，一方面是分析串口 4 发出的数据，另一方面是将各个设备发送给单片机的数据单独取出后与串口 4 发出的数据进行对比较验证，看其是否正确传输数据。

将欧姆龙 PLC、电量变送器 PM130、柴油机控制器 ECM 和他车控制系统分别与 CN3 所对应的引脚连接起来，CN3 电路如图 11 所示。其中引脚 1、2、3 接 24 V 电源，引脚 4、5、6 接他车控制系统，引脚 7、8、9 接 EMC，引脚 10、11、12 接 PM130，引脚 13、14、15 接 PLC，引脚 16 接地。

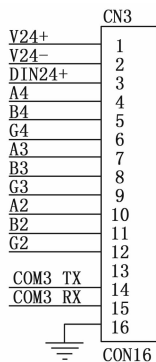


图 11 CN3 电路图

测试 1：分析串口 4 发出的数据。打开串口调试助手，选择正确的串口号，将编译好的程序通过串口 1 下载到单

片机里，输入用户程序运行时的 IRC 频率需与程序中设置的一致，为 22.114 8 MHz。将一个 RS-485 监听设备接到他车控制系统的接口处，然后在串口助手中选择正确的串口号、设置波特率为 2 400 bit/s，打开监听设备对应的串口即可看到串口 4 发出的数据，如图 12 所示。结合表 5 可以看出，数据量为 50 个，电压 U12 为 656 V，电压 U23 为 630 V，电压 U31 为 598 V，电流 I1 为 873 A，电流 I2 为 926 A，电流 I3 为 879 A，总有功功率为 1 698 kW，总功率因数为 0.812 5，频率为 56 Hz，电量为 567392 kWh，柴油机运行时间为 79 682 s 即大约 22 h，电池电压为 24 V，转速为 1 235 rpm，机油压力为 386 kPa，冷却水温为 30 ℃，中冷器水温为 45 ℃，DC600 V 电压为 532 V，DC600 V 电流为 469 A。由以上数据可以看出机车的各项运行参数都在正常范围内，没有出现异常或故障情况。若机车运行过程中出现异常，可以直观地从串口 4 所发数据中看出。

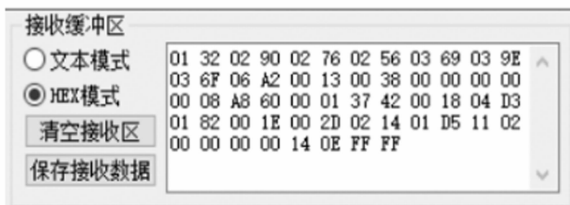


图 12 串口 4 发出的数据

测试 2：选取其中一个设备，单独监听其数据，与串口 4 发出的数据进行对比较验证。选取电量变送器 PM130，将 RS485 监听设备接到该设备上，另一端连接电脑进行监听，连接实物如图 13 所示。

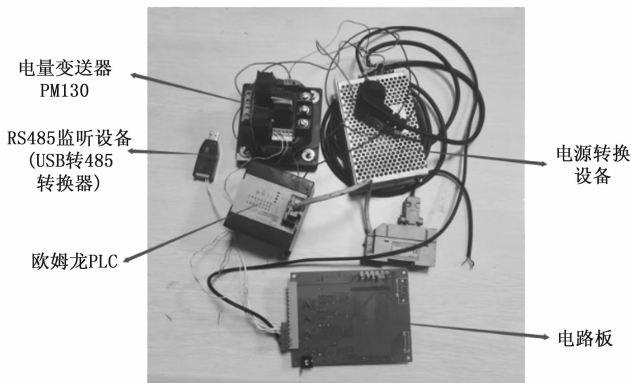


图 13 连接实物图

波特率设置为 9 600 bit/s，可以通过串口调试助手直接读取其发送给单片机的数据，如图 14 所示。

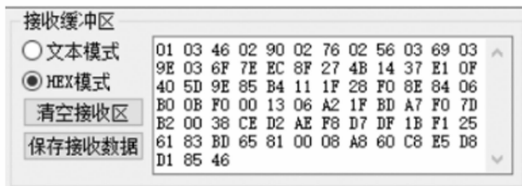


图 14 PM130 发送给单片机的数据

串口 4 与电量变送器 PM130 交换数据的代码如下:

```
COMOut[3][2] = COMIn[COM2][3]; //电压 U12
COMOut[3][3] = COMIn[COM2][4]; //电压 U12
COMOut[3][4] = COMIn[COM2][5]; //电压 U23
COMOut[3][5] = COMIn[COM2][6]; //电压 U23
COMOut[3][6] = COMIn[COM2][7]; //电压 U31
COMOut[3][7] = COMIn[COM2][8]; //电压 U31
COMOut[3][8] = COMIn[COM2][9]; //电流 I1
COMOut[3][9] = COMIn[COM2][10]; //电流 I1
COMOut[3][10] = COMIn[COM2][11]; //电流 I2
COMOut[3][11] = COMIn[COM2][12]; //电流 I2
COMOut[3][12] = COMIn[COM2][13]; //电流 I3
COMOut[3][13] = COMIn[COM2][14]; //电流 I3
COMOut[3][14] = COMIn[COM2][41]; //总有功功率
COMOut[3][15] = COMIn[COM2][42]; //总有功功率
COMOut[3][16] = COMIn[COM2][39]; //总功率因数
COMOut[3][17] = COMIn[COM2][40]; //总功率因数
COMOut[3][18] = COMIn[COM2][49]; //频率
COMOut[3][19] = COMIn[COM2][50]; //频率
COMOut[3][24] = COMIn[COM2][65]; //电度低位
COMOut[3][25] = COMIn[COM2][66]; //电度低位
COMOut[3][26] = COMIn[COM2][67]; //电度高位
COMOut[3][27] = COMIn[COM2][68]; //电度高位
```

根据上述代码, 将串口 4 发出的数据 (图 12 中数据) 与电量变送器 PM130 发送给单片机的数据进行对比分析, 可以看出对应数据相同, 即总线控制器传输数据无误。用同样的方法监听欧姆龙 PLC 和柴油机控制器 ECM 发送给单片机的数据, 与串口 4 发出的数据进行对比, 结果表明机车总线控制器传输数据正确。

通过上述两个方面的测试和验证, 可以看出该机车总线控制器对于数据的传输正确且有效。

## 5 结束语

本文设计了一种基于 RS485 和 RS232 的机车总线控制器, 可通过串口高效、及时地完成本车和他车数据的交替发送, 达到监测、控制机车的目的。硬件部分主要采用了 48 引脚的 STC8G2K64S4 单片机、DS1307 时钟芯片; MAX232 和 MAX487 芯片作为电平转换芯片, 作用是保证系统的正常通信。在软件部分机车总线控制器采用了 Modbus-RS485 协议、自定义通信协议, 和 HostLink-RS232 通信, 实现了几个设备之间的数据交换和简单数据处理。经过系统测试, 证明该机车总线控制器可以完成正确传输数据的功能, 为后续的数据处理提供了支持。机车总线控制器完成数据交换后, 可将机车运行数据实时发送到机车状态屏, 以便及时的监控机车状态, 保证设备的正常工作以及机车的安全运行。同时将数据发送到数据存储单元中储存, 为进行深层次的处理和诊断提供了便利, 用 IC 卡取出送微机即可进行后续处理工作。该机车总线控制器不仅限于连接文中提到的设备, 也可以连接其他设备进行所需要的数据采集, 具有很强的扩展性和适用性。

## 参考文献:

- [1] 谷荧柯, 崔同兵, 林子明, 等. 多功能车辆总线控制器芯片设计研究 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2017, 14 (4): 1-4, 7.
- [2] 张强. 城轨车辆多功能车辆总线故障案例分析 [J]. 设备管理与维修, 2018, 0 (15): 54-55.
- [3] 胡黄水, 刘峰, 王宏志, 等. 基于多功能车辆总线的网络系统冗余设计 [J]. 吉林大学学报: 理学版, 2015, 53 (6): 1257-1262.
- [4] 宏晶科技. STC8G 系列单片机技术参考手册 [EB/OL]. (2019-10-22)[2023-01-05]. <http://www.stcmcudata.com/STC8F-DATASHEET/STC8G.pdf>.
- [5] 由勇. 采用 MAX487 芯片实现单片机与 PC 机的串行通信 [J]. 内蒙古科技与经济, 2008 (21): 49-50.
- [6] 王锋, 张兵, 张占军, 等. 基于光纤陀螺的高速列车轨迹无线测试仪 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (11): 3119-3121, 3138.
- [7] 李浩, 凡明春, 陈邹铭, 等. 嵌入式系统对等式网络的研究与实现 [J]. 电子设计工程, 2020, 28 (5): 176-180.
- [8] 文灏, 雷守宁. RS232 通信技术在单片机通信中的应用 [J]. 信息通信, 2020 (2): 130-131.
- [9] IBRAHIMNF, DESSOUKYS S. Description of Microcontroller Circuit and MikroC Program [J]. Green Energy and Technology, 2022: 69-87.
- [10] 蒋雪响. 基于 RS485 总线的远程数据采集模块的构建设计 [J]. 中小企业管理与科技, 2022 (3): 159-164.
- [11] MCCONAHAY J. Using modbus for process control and automation [J]. Control Engineering, 2012, 59 (s2): A12-A14.
- [12] 宋雪松. 手把手教你学 51 单片机: C 语言版 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2020.
- [13] KEKRE A M, KOTHARIA M T. Advanced MODBUS-RTU protocol for IoT with auto-discovery and triggers [J]. Wireless Personal Communications, 2022, 125 (3): 2769-2780.
- [14] URREA C, KERN J. Error detection and correction to enhance the data rate of smart metering systems using Modbus-RTU [J]. Electrical Engineering, 2021, 103 (1): 115-124.
- [15] 王辛望, 沈小林, 刘新生. 某型瞄准线稳定测试系统 RS232 串行通信的研究 [J]. 计算机测量与控制, 2017, 25 (5): 123-125.
- [16] 李善文, 李丽, 张雪枫. HOSTLINK 协议在柴油机综合试验台检测系统中的应用研究 [J]. 工业控制计算机, 2015, 0 (8): 20-22.
- [17] 刘正琼, 徐海卫, 潘媛, 等. 基于 HostLink 协议的 PLC 与上位机串口通信的实现 [J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2008, 31 (12): 1940-1943.
- [18] 徐光宪, 刘建辉, 陈万志. 串行通信在监控系统中的应用研究 [J]. 科技与创新, 2004, 20 (7): 24-25, 10.
- [19] 窦义同, 赵世平. 基于 c# 和 HostLink 的 PLC 与 PC 机通信实现 [J]. 微计算机信息, 2010 (5): 104-106, 115.
- [20] 许涛, 贾朝阳, 王彦齐. 基于 HostLink 通信协议的小型盾构掘进机监控系统设计 [J]. 煤矿机电, 2012 (5): 26-29.