

电气柜逻辑测试仪通信系统^①

苏 晓¹, 虞君彪¹, 兰 京², 李 军²

¹(南京南车浦镇城轨车辆有限责任公司, 南京 210031)

²(南京理工大学 自动化学院, 南京 210094)

摘 要: 主要对地铁电气柜逻辑功能测试仪通信系统进行了研究和设计。电气柜逻辑测试仪通信模块包括两部分: 系统层和管理层的通信以及管理层和测试层的通信。在电气柜逻辑测试仪中, 系统层和管理层的通信数据量大、频率高, 采用 CAN 总线通信方式, 而管理层和测试层的通信距离近, 数据少, 采用 RS485 通信。在硬件设计的基础上, 又设计了通信软件, 经现场调试, 设计的通信模块能够实现系统间的可靠通信。

关键词: 电气柜; 通信模块; RS485; CAN 总线

Communication System of Electrical Cabinet Logic Tester

SU Xiao¹, YU Jun-Biao¹, LAN Jing², LI Jun²

¹(CSR NANJING PUZHEN CO.LTD, Nanjing 210031, China)

²(Department of Automation, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: The communication module of subway electrical cabinet logic tester is researched and designed in this paper. The communication module of subway cabinet logic tester contains two parts: the communication between system layer and management layer, the communication between management layer and testing layer. In the cabinet logic tester, the communication between system layer and management layer has large amount of data and high frequency, so CAN bus is used, at the same time, the communication between management layer and testing layer doesn't have the problem of distance and has small amount of data, so RS485 is used. On the basis of hardware design, communication software is designed. According to site commissioning, the communication module designed enables reliable communication between systems.

Key words: electrical cabinet; communication module; RS485; CAN bus

地铁车辆控制系统是由很多不同种类的电气柜组成, 电气柜的可靠性将直接影响地铁车辆运行时的安全性。目前生产过程中, 一般使用人工检测方法对电气柜进行检测, 该方法费时费力而且有错检和漏检的风险。为解决上述问题, 我们设计了一种地铁车辆电气柜自动测试系统——电气柜逻辑测试仪, 提高了对电气柜检测的效率和电气柜的运行可靠性。

电气柜逻辑功能测试仪能够根据设计单位给生产单位提供的连接关系表, 自动生成测试逻辑, 自动对电气柜内部的逻辑回路进行检测; 测试中, 通过电气柜上下部连接器, 由测试仪向电气柜注入电流, 使电

气柜中的继电器、接触器等器件根据控制逻辑吸合或关断, 并检测反馈的动作信号, 从而能够自动判断并记录电气柜逻辑器件的失效情况, 实现对电气柜逻辑功能的故障检测与诊断。为实现对不同地铁车辆不同种类电气柜的逻辑功能和导通特性的自动测试, 系统需满足对最多 2000 个信息点进行输入/输出切换的各种可能配置, 因此系统包括了一台总控计算机, 一个大功率测试箱、五个电气采集控制箱, 其中包括 50 块采集输出卡。

为实现系统间各部分的协调工作, 通讯系统就起到了非常关键的作用。本文介绍了电气柜逻辑功能测

^① 收稿时间:2014-12-28;收到修改稿时间:2015-02-02

试仪通讯系统的设计思路,重点介绍了软件结构。

1 系统通信方案设计

根据系统设计要求,系统总体分为三个层次:系统层、管理层和测试层。系统层对被测电气柜的设计清单进行分析,确定测试规则,然后将测试规则逐条发送到管理层。再由管理层将测试任务分配给测试层,有测试层对被测电气柜进行测试输入给定并对被测电气柜的响应进行采集,然后将采集结果通过管理层反馈给系统层。再由系统层把采集结果与期望输出结果对比,进而确定被测电气柜的故障情况。

系统的通信流程为:系统层计算机发起通信请求,管理层通信控制板卡分配这一请求,测试层采集输出板卡接收信息实现控制动作,然后将测试结果向管理层通信控制板卡上传结果信息,最后由通信控制板卡向系统层计算机上传结果信息。系统整体通信方案如图 1。

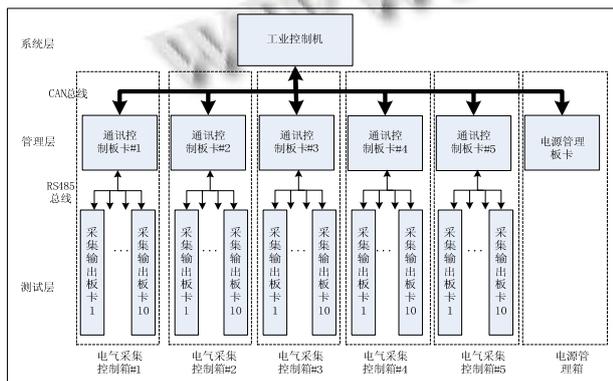


图 1 系统整体通信方案

可以看出,电气柜逻辑测试仪通信系统分两部分:系统层和管理层的通信以及管理层和测试层的通信。

1.1 系统层和管理层的通信方式

系统层和管理层的通信数据量较大,通信频率较高,因此必须保证通信质量。系统层的上位机需要对管理层的 6 个设备进行通信,比较合理的方法就是组建通信总线,将管理层的设备挂到总线上,以设备 ID 识别各个设备进行通信^[1]。鉴于以上原因,系统层和管理层的通信使用 CAN 总线的通信方式,上位机作为通信主机,管理层的 5 个通信控制板卡和 1 个电源管理板卡作为通信从机,挂在同一个 CAN 总线网络上,各自定义设备 ID。

1.2 管理层和测试层的通信方式

管理层的 6 个设备包括 5 块通信控制板卡和 1 块

电源管理板卡,其中电源管理板卡不需要和测试层的设备进行通信,而通信控制板卡要和同一电气采集控制箱内部的 10 块采集输出板卡进行通信。由于通信控制板卡和采集输出板卡在同一个箱体内部,距离近,而且通信数据量不像上层通信那么大,因此使用串行通信即可。串行通信包含 RS232 和 RS485 两种^[2],由于在工业控制上后者具有更好的抗干扰性和可靠性^[3],系统采用 RS485 进行管理层和测试层的通信。

2 硬件设计

系统层采用 CAN 通讯卡实现。管理层通讯由通信控制板卡完成。通信控制板卡通过 CAN 总线接收上位机的信息,进行分析和分解,然后通过 RS485 精确地发送到测试层的所有采集输出板卡,再将所有采集输出板卡上传的信息进行综合打包,发送给上位机。

2.1 通信控制板卡主控芯片的选择

通信控制板卡在通信方面具有通信量大、通信频率高等特点,除了需要强大的数据处理能力外,还需要有可靠的驱动控制能力,因此为了保证板卡的处理速度和可靠性,采用了具有更快处理速度和更高可靠性的数字信号处理器(DSP)^[4]。如果选用传统的 DSP 芯片需要进行 CAN 控制器和 CAN 驱动器的设计,加大了板卡设计的复杂程度,同时增加了板卡的故障点,因此考虑选用自带 CAN 控制器的主控芯片。

TMS320LF2407 是德州仪器生产的一款面向控制领域的特殊芯片,是 16 位定点数字信号处理器^[5],具有 30M 条指令/s 的处理速度,同时还集成了 CAN 控制器模块,因此这里我们选用它作为控制板卡主控芯片。

2.2 通信控制板卡整体设计

通信控制板卡是基于 TMS320LF2407 的单板控制系统,板卡包含以下电路单元:最小系统、RS485 串口通信电路、CAN 通信电路、测试电源管理电路、地址识别电路,其整体设计如图 2。

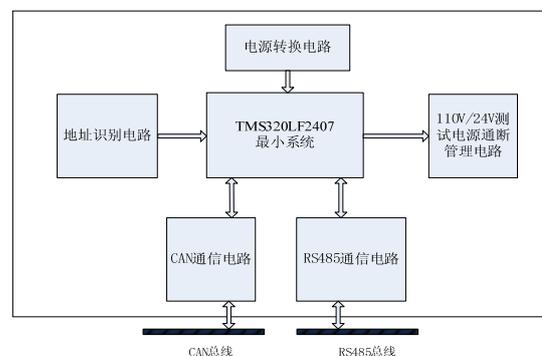


图 2 通信控制板卡整体设计

其中,最小系统是单板开发的基础,RS485串口通信电路实现与采集输出板卡的通信, CAN 通信电路实现与上位机通信,测试电源管理电路对输入到本电气采集控制箱的测试电源进行通断管理,地址识别电路实现板卡的 ID 确定.

2.3 RS485 通讯电路设计

通信控制板卡在和逻辑采集板卡通信的时候采用 RS485 串行通信方式. TMS320LF2407 内部也集成了串行通信模块,但其串行输出信号为 COMS 电平,需要用 一个 RS485 模块将其转为标准的 RS485 信号,这里,使用 MAX3485 模块实现电平的转换,电路设计如图 3.

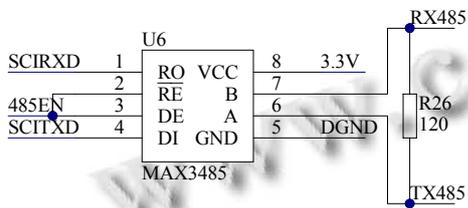


图3 RS485 接口设计

2.4 CAN 总线通讯电路设计

通信控制板卡使用 TMS320LF2407 内部集成的 eCAN 模块实现 CAN 通信. 为了实现 CAN 总线节点的通信,板卡上除了要有 CAN 控制器外,需配合 CAN 驱动器(收发器)才可以正常在 CAN 总线上进行信息收发,电路如图 4.

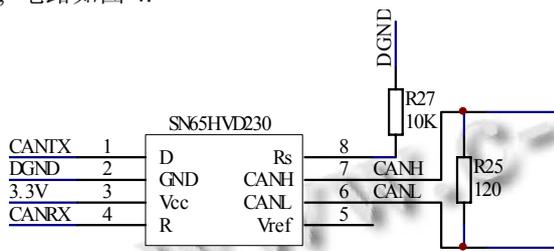


图4 CAN 模块设计

SN65HVD230 是德州仪器公司生产的 3.3V CAN 收发器,该器件适用于较高通讯速率、良好抗干扰能力和高可靠性 CAN 总线的串行通信. 使用该芯片和 TMS320LF2407 内部集成的 eCAN 模块可以进行 CAN 节点的实现,其中 D 和 R 引脚分别接到 DSP 的 CANTX 和 CANRX 引脚作为接收和发送的串行数据线; CANH 和 CANL 直接接到 CAN 总线上. CAN 总线与 RS485 通信一样使用两线传输,因此也需要在总线

头和尾的终端上接入跨接电阻用以消除由于阻抗不连续或者阻抗不匹配所引起的信号反射.

3 软件设计

3.1 CAN 协议制定

系统中,采用发送——应答模式进行通信,即发起通信的设备发送指令给下层接收设备之后,收到指令的设备需立即做出应答. 应答的指令序列接收到的指令确定,其通信类型与收到的指令一致,并且同样需要填充自己的 ID 以及通信内容. 工控机与下位机 CAN 通信流程如图 5.

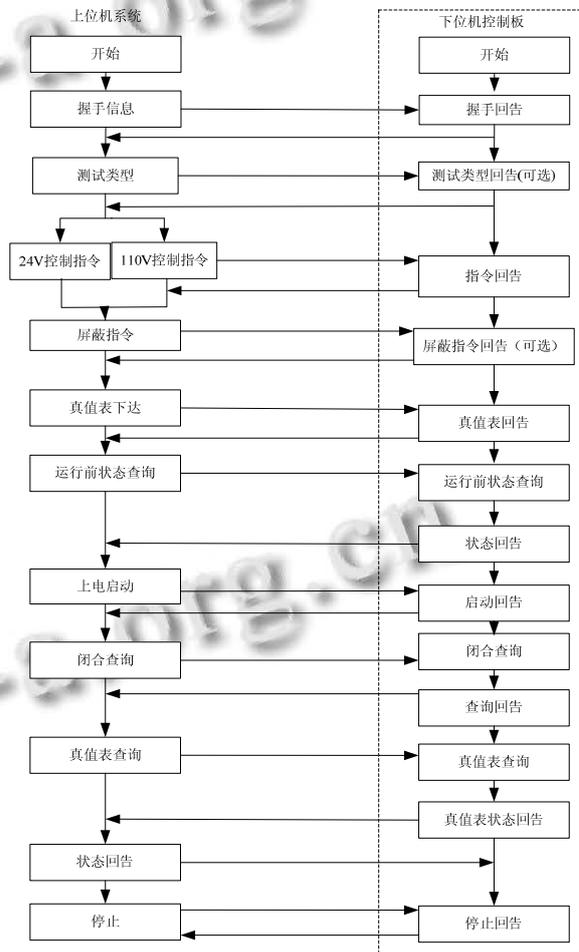


图5 工控机与下位机 CAN 通信流程图

系统在工作的过程中,所有指令的发送以及测试结果的返回都是通过串行通信和 CAN 通信实现的. 而且,参与通信的设备非常多,为了保证系统通信的可靠性和有序性必须制定一个完备通信协议. 协议需要包含通信过程中各个方面的规则如通信格式、通信内

容等. 系统中, 采用一帧信息 8 个字节的通信格式, 8 个字节包含帧头、通信类型、发起通信设备的 ID、通

信校验字节以及帧尾. 具体协议内容如表 1 所示, 该 8 个字节的通信可以称之为一个指令序列.

表 1 CAN 通信协议格式

字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
控制指令	指令序列号	数据位	数据位	数据位	数据位	校验码	结束位

控制指令中包含了指令类型与设备 ID 两种类型信息, 其中高四位用来定义通信类型, 低四位用来定义通信地址. 如定义 2X 用来定义 24V 测试指令, 则 2 表示该类型为 24V 电压测试, X 表示通信目标地址, 取值为 1-6; 指令序列号表示当前测试信息数据包对应的序列号, 当数据包增加时, 指令序列号加 1, 重发时序列号不变; 校验位采用奇偶校验; 结束位用来控制终止整个通信过程. 通信过程中, 若不需要数据位内容信息, 则会用字节 FFH 进行填充.

3.2 系统层通信实现

系统层计算机系统通过访问 API 调用 CAN 通讯卡自带的 DLL 库函数来驱动 CAN 卡, 实现 CAN 通信. 通信 CAN 通信模块软件设计包括三部分: CAN 控制器的初始化函数、CAN 帧报文发送函数、CAN 帧报文接收函数.

(1)CAN 初始化

系统中, 前三个字节的通信在 CAN 通信卡中已确定, 故只需要确定数据位后 8 字节的内容. CAN 初始化包括 CAN 信息位、波特率、信号通道、启动和复位等各种信息的设置. 通信协议中系统选定为 FF 为 0, 即为标准帧格式; RTR 默认初始值为 0, 即通信过程中采用数据帧; DLC.3-DLC.0 均初始值为 0.

(2)CAN 接收数据

从 CAN 总线到 CAN 接收缓存区的数据传送由 CAN 控制器自动完成. 接收程序只需从缓存区中读取程序所需要的有效信息即可. 数据接收程序采用查询和中断两种方式. 本系统中, CAN 接收数据采用中断方式. 流程图如图 6.

(3)CAN 发送数据

发送程序实现的功能是将要发送的数据按照规定的 CAN 协议格式打包的数据转换成数据帧, 存入到缓存区, 然后调用 CANWriteFile 发送命令. 流程图如图 7.

系统中, 数据采用有发有收的模式进行通信, 即下发一段控制指令后要检测回复值来确定整个系统运

行的正确性. 上位机发起控制通信过程占有非常重要的地位, 为了保证通信的可靠性, 当通信过程中发生故障情况时, 系统会重发 3 次指令, 若 3 次后通信仍存在故障, 则会停止运行, 待排除故障后再继续.

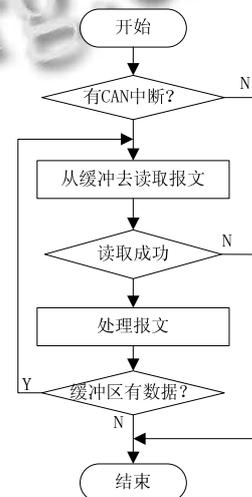


图 6 系统层接收数据流程图

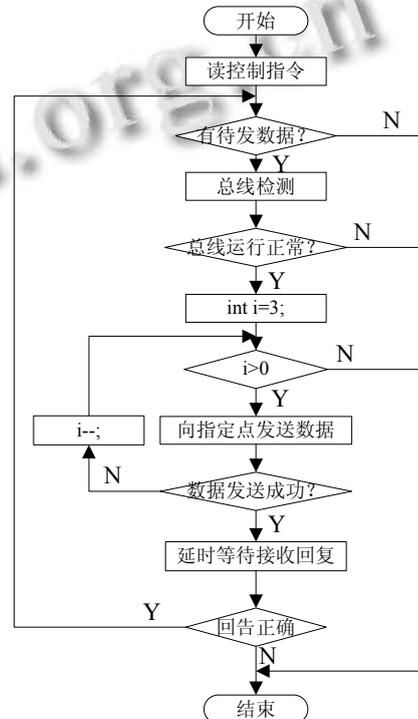


图 7 系统层发送数据流程图

3.3 管理层通信实现

管理层通信控制板卡将接收的指令转发到测试层的各个采集输出板卡。从通信角度看，通信控制板卡属于从卡，其软件设计流程图如图8。

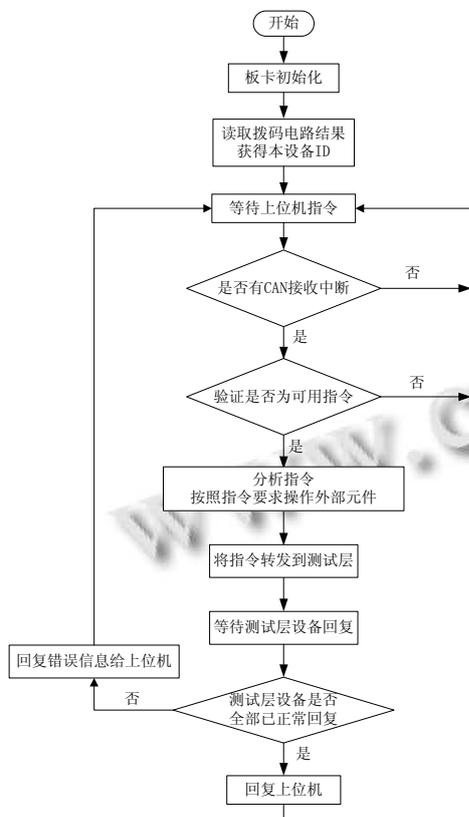


图8 管理层通信流程图

3.4 测试层通信实现

测试层设备全部为采集输出板卡，其接受通信控制板卡指令对板卡上的测试回路进行相应的操作，按照工作流程进行软件设计，如图9所示。

4 结语

本文研究和设计了地铁电气柜逻辑功能测试仪的通信系统。电气柜逻辑功能测试仪通信系统在进行现场调试后，达到了预期目标，实现了系统各部分之间信息的可靠交互，保证了整个系统的正确运行。电气柜逻辑测试仪在生产中已得到应用，使地铁车辆电气

柜的生产检测效率大大提高，同时也进一步提高了电气柜在地铁车辆运行过程中的可靠性。

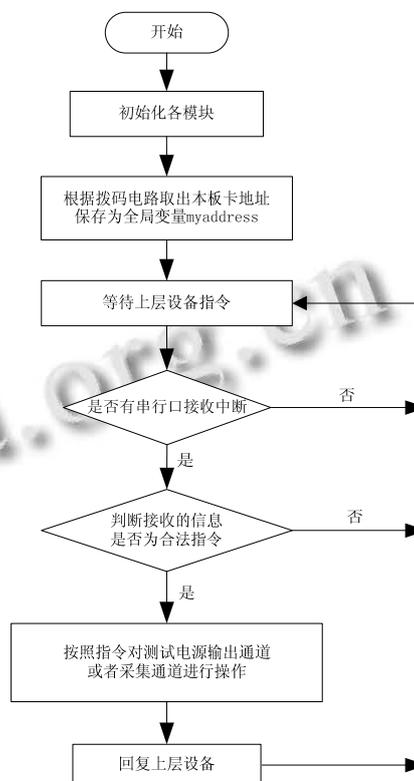


图9 测试层通信流程图

参考文献

- 1 赵世廉.TMS320X240X DSP 原理应用开发指南.北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- 2 潘浩,李洪彪,张朝晖.一种基于RS485总线的远程数据通信系统.仪器仪表学报,2003,24(z1):467-468.
- 3 张芳娥,衡君山,甄换强.RS485 总线网络可靠性研究.仪器仪表学报,2006,27(z3):2458-2459.
- 4 沈连丰,宋铁成等.嵌入式系统及其开发应用.第2版.北京:电子工业出版社,2005.
- 5 陈园,赵转平.基于CAN总线的航空电缆测试系统分布机研究.现代电子技术,2011,34(6):25-27.