

文章编号: 1005-8451 (2015) 05-0038-04

LKJ2000型列车运行监控系统仿真研究

李晓杰, 钱雪军

(同济大学 电气工程系, 上海 200331)

摘要: 针对LKJ2000型列车监控记录装置各功能模块的交换信号, 如机车工况信号、机车压力传感器信号, 研制了基于单片机的模拟接口电路, 可产生相应匹配的交换信号, 用于LKJ2000型列车监控记录装置的脱机检测; 同时以VS2010为开发工具, 利用MFC开发包设计了以Windows为平台的上位机人机控制界面, 并借助串口通信协议实现其与单片机模拟接口电路的双向通信, 构成了一套人机交互的仿真系统。该系统既可以应用于列车驾驶仿真器, 也可以用于LKJ2000装置的教学培训。

关键词: LKJ2000; 单片机; 列车监控; 仿真系统

中图分类号: U284.55 : TP39 **文献标识码:** A

Simulation on LKJ2000 Train Operation Monitoring Control System

LI Xiaojie, QIAN Xuejun

(Department of Electrical Engineering, Tongji University, Shanghai 200331, China)

Abstract: According to the different switching signals from corresponding different functional modules of KJ2000 train monitoring and recording devices, such as the locomotive condition signal, locomotive pressure sensor signals, a microcontroller-based analog interface circuit was developed to produce the appropriate matching signal available for offline detection of LKJ2000 train monitoring and recording device. With VS2010 development tools and MFC software-development-kits, a platform was designed on the Windows platform for human-machine interface control. To implement the two-way communication between the microcontroller analog interface circuit and the Windows platform, serial communication protocol was applied and a set of Human-machine Interface Simulation System was formed. The research results showed that the System could not only be applied to the locomotive simulator but also for the corresponding teaching and training.

Key words: LKJ2000; single chip; train monitoring control; Simulation System

LKJ2000 型列车运行监控装置是借鉴国内外 ATP 及 ATC 技术研究开发的新一代列车超速防护设备, 该装置通过采集列车运行中的各种状态信息, 如列车运行速度信号、制动系统压力信号、轨道信号等, 结合车载存储线路参数, 进行分析处理, 以控制列车的运行速度, 实现安全控制^[1]。鉴于 LKJ2000 型监控记录装置在我国的大范围使用及对我国铁路现代化建设的推动^[4], 对其进行仿真研究也具有重要意义。本研究要构建一个 LKJ2000 半实物仿真系统, 用于列车驾驶模拟器或设备的教学培训。

本文中主要利用 51 单片机作为机车信号的模拟发生器, 并按照具体机车信号的类别划分不同的信号产生模块, 各模块由硬件接线直接与 LKJ2000 装置相连。单片机通过串口通信协议与 PC 上位机相连

接构成一套简易仿真系统, 同时可与其他列车驾驶仿真器相配合, 为列车人员培训提供一个可参考的平台。

1 系统结构

本文所构建的 LKJ2000 型列车监控装置仿真系统主要由 PC 平台上位机系统以及单片机下位机系统构成, 如图 1 所示。PC 平台与单片机通过双串口相互通信, 分别为 RS232 及 RS422 串行口通信, RS232 用作单片机 ISP 在线烧录接口, RS422 相比 RS232 具有更强的驱动能力, 用作单片机与 PC 的数据收发端口, 实现 PC 平台对单片机的控制。单片机作为机车模拟接口以各类电信号的形式与 LKJ2000 交换信息, 其主要功能即是按照 PC 平台的控制命令产生正确且与 LKJ2000 相匹配的信号, 最终达到在 PC 平台对 LKJ2000 装置的仿真的目的。

收稿日期: 2014-10-28

作者简介: 李晓杰, 在读硕士研究生; 钱雪军, 副教授。

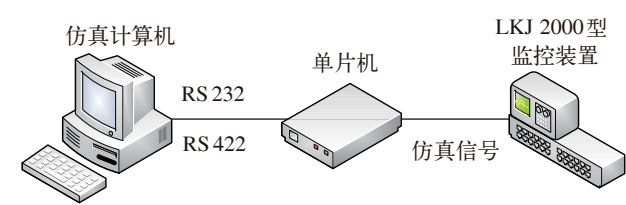


图1 仿真系统结构

2 LKJ2000仿真信号描述

对 LKJ2000 的仿真主要通过与其交换各类不同的电信号，同时为了设计单片机硬件电路，需要对 LKJ2000 采集的机车信号进行分类。

LKJ2000 系统框图如图 2 所示。

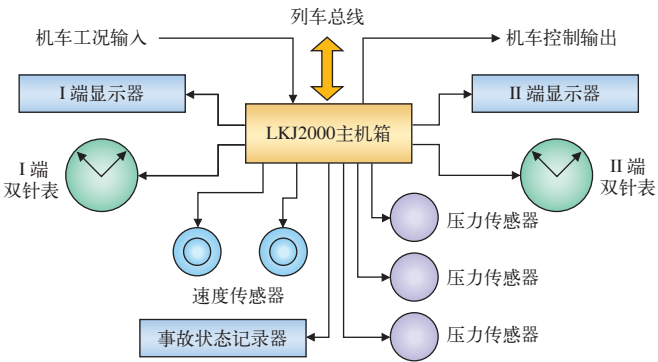


图2 LKJ2000系统框图

2.1 数字量输出信号

6 路 110 V 数字量输出信号，该信号为 LKJ2000 的机车工况采集信号，分别为零位信号 (LW)、前向信号 (XQ)、后退信号 (XH)、牵引信号 (QY)、制动信号 (ZD)、备用通道 (SBBAK0)。

10 路 50 V 数字量输出信号，该信号为机车灯信号，分别表示绿灯 (L)、绿黄灯 (LU)、黄灯 (U)、黄 2 灯 (U2)、双黄灯 (UU)、红黄灯 (HU)、红灯 (H)、白灯 (B)、两路备用通道 (B0、B1)。

2.2 数字量输入信号

6 路 110 V 数字量输入信号，该信号为机车控制输出信号，是 LKJ2000 装置通过继电器输出至机车的控制信号。6 路分别为卸载信号 (XZ)、减压信号 (JY)、关风信号 (GF) 以及 3 路备用通道 (BAK0、BAK1、BAK2)。

2.3 模拟量输出信号

共 7 路模拟量信号，4 路为列车管压信号，变比为 1 000 kPa:5 V，即信号输出范围为 0 V ~5 V，表示范围 0 kPa ~1 000 kPa；1 路原边电流信号，1

路原边电压信号，用来电力机车在运用中所消耗电网电能的功率，变比分别为 300 A:1 V 和 300 V:1 V(均为有效值)，即信号输出范围为 0 V ~ 5 V，表示范围为 0 A (V) ~ 1 500 A (V)；1 路加速度信号，用于表示列车的加速度信号，变比为 1 V/g，检测范围为 ±1.5 g，加速度为 0 时，输出为 2.5 V，即模拟量电压输出范围为 1 V ~ 4V。

2.4 频率输出信号

共 4 路频率信号，其中 3 路为机车速度信号，信号幅值为 15 V，频率范围为 0 Hz ~3 333 Hz，对应车轮转速为 0 r/min ~ 1 000 r/min，即每转产生 200 个脉冲信号，最大可表示机车速度为 197 km/h；1 路柴油机转速信号，信号幅值为 15 V，频率范围为 0 Hz ~25 Hz，对应 0 r/min ~1 500 r/min。

3 下位机系统

下位机采用 51 单片机，型号为 STC15F2K60S2，采用 LQFP44 封装，具有 42 个 I/O 口，搭载 2 个串行口、1 个 SPI 接口、以及 3 个定时器，不需要外围晶振电路及复位电路。

3.1 电源模块

为产生多种类不同电压电平信号，下位单片机采用 110 V 直流进线，利用 MornSun 电源模块降压产生 15 V 直流电源，型号为 URB1D15XD-10W，在此基础上再利用 7805 芯片降压产生 5 V 的电源电压。

3.2 数字量输入输出模块

由于单片机载流能力有限，如果输出信号全部直接采用单片机 I/O 口驱动，会导致单片机过热损坏，故均通过 74HC244 芯片驱动并由光耦实现光电隔离。

图 3 中，各驱动电阻可通过 TTL 电平与光耦的正常驱动电流 (约为 10 mA) 的比值得到，约为 500 Ω，考虑到 PCB 制板的尺寸以及电阻封装的承载能力，可采用 1206 封装。

数字量输入信号电路与输出信号电路相似，仅在其基础上增加了施密特触发反相器，对信号整型。

3.3 频率量输出模块

频率量模块电路与数字量模块电路相同，该模块中光耦的开关速度要求较快，故采用高速光耦。

3.4 模拟量输出模块

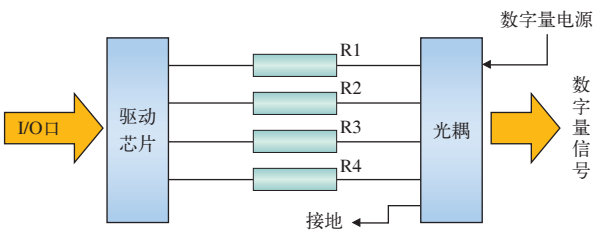


图3 数字量输出信号驱动电路

模拟量信号通过2块10 bit数模芯片AD5314实现，每块芯片均有4路输出通道。通过单片机自带的SPI接口实现连续调节8路输出通道的电压，理论精度可到达 2^{-10} V。连接方法如图4所示。

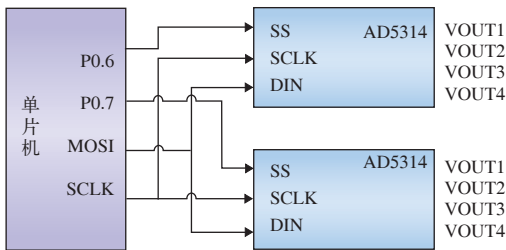


图4 单片机SPI接口与AD5314接法

AD5314具有双缓冲寄存器，拉低数模芯片的片选端，单片机SPI接口的MOSI端在16个时钟周期内（16个时钟周期后数据无效）发送数据至数模芯片的数据端，数据自动送入输入寄存器之后转存入DAC寄存器，并根据发送数据更新输出端口及输出电压（参考电压为5 V）。

3.5 通信模块

通信模块采用双串口，RS232作为单片机程序烧录口，RS422作为单片机与上位机通信端口。两者同时互作备用，芯片分别采用MAX232及MAX4390。

3.6 单片机程序

单片机程序流程如图5所示。

4 上位机系统

上位机控制界面以VS2010为开发平台，基于MFC库实现。重点介绍串口通信的编写及各信号发送的数据包。

4.1 串口通信模块编写

串口通信模块采用Windows API函数编写，并单独将其封装成一个Serial类，包含了配置串口，打

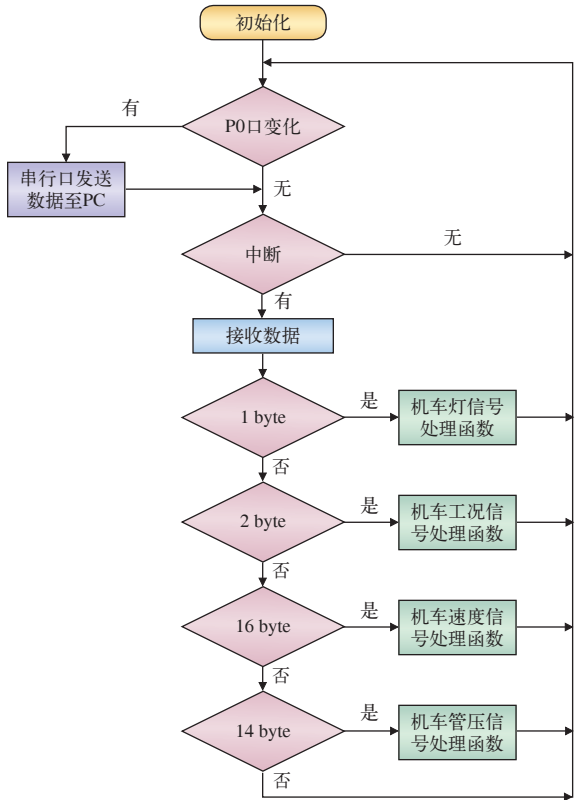


图5 单片机程序流程图

开串口，串口读写及关闭串口等函数。同时为了保证数据传输过程中数据的完整性、正确性，增加一个数据校验的封装类PIScomm对发送、接收数据进行数据校验并封装成数据包。其结构如图6所示。

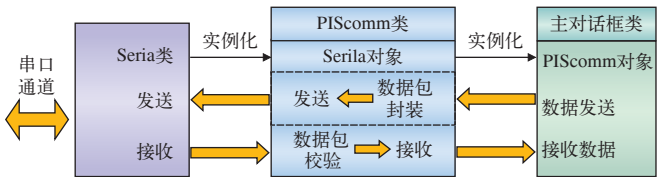


图6 通信模块结构图

4.2 各信号数据包（封装前）

(1) 机车灯信号（10路50 V数字量信号）数据包仅需1 byte数据。从0x00~0x0a分别表示10个灯信号中某一个打开，其余关闭。

(2) 机车工况信号（6路110 V数字量信号）数据包包含2个byte。第1个byte用于选中端口号，第2个byte用于表示选中端口的开关状态。

(3) 机车管压信号（7路模拟量信号）包含14个byte数据。每2个byte表示一个管压通道的信号，可直接由单片机SPI接口送入芯片。每2个byte中最高2 bit用于数模芯片选择4通道中的一个通道，

最高次 2 bit 分别是低功耗位及 4 通道同步位，这里都取 1 不使用，同样最低 2 bit 为无效位也不使用。数据位为第 3 bit~ 第 12 bit，10 个数据位表示输出的电压大小，如图 7 所示。计算公式如式（1）。

$$V_{OUT} = \frac{V_{REF} \cdot Data}{2^{10}} \tag{1}$$



图7 AD5314输入寄存器

（4）机车速度信号（4 路频率量信号）数据包包含 16 个 byte 数据，每个速度信号通道有 4 个 byte 数据。前 2 个 byte 分别为定时器的定时高位和低位计数，第 3 个 byte 表示是否将单片机定时器 12 分频，第 4 个 byte 表示是否需要增加外循环。前文已述速度频率量的范围为 0 Hz ~ 3 333 Hz，为实现此频率宽度在单片机程序中采用分段式的频率产生方法，频率在 168.75 Hz ~ 3 333 Hz 时，可通过定时器直接定时产生，并计算最大误差在 3 333 Hz 时产生约为 1 Hz，转换为转速为 0.3 r/min，在可接受的范围内。当频率在 14.062 5 Hz ~ 168.75 Hz 时，需要将单片机的定时器进行 12 分频，也可得到精确的频率，在这里由于频率较低故可忽略由单片机中断程序产生的额外机器指令周期。当频率小于 14.062 5 Hz 时，需要利用软件加入外循环增加计数次数，这就带来了因运行循环指令造成的额外误差，但鉴于此段频率很低故认为满足精度。程序中对小于 14.062 5 Hz 的频率增加了 500 次循环计数，理论可产生最低 0.028 125 Hz。

5 仿真结果

5.1 上位机界面

上位机界面如图 8 所示。

5.2 速度信号波形

以周期 3 ms 为例，速度信号如图 9 所示。

从图 9 中可看出，频率脉冲信号符合理论值，其他信号虽未用图展示但也符合理论值。

6 结束语

仿真结果证明，该仿真系统完全能够实现设计

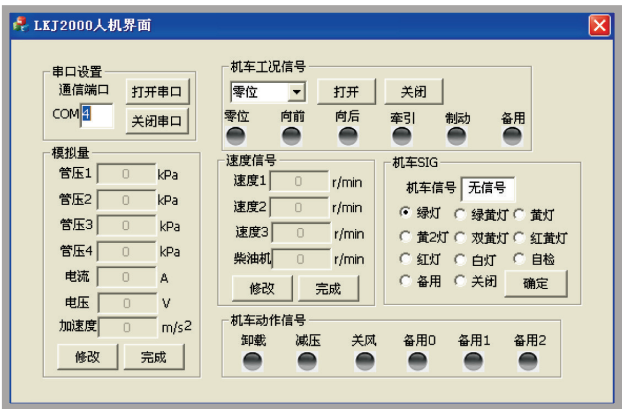


图8 上位机界面

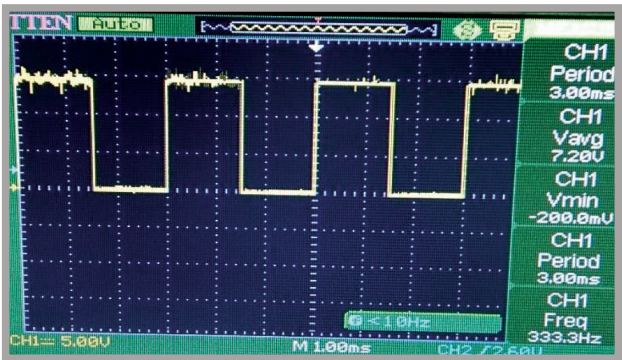


图9 速度信号波形

的初衷，相应信号均能正确产生，并与 LKJ2000 匹配工作，同时也能与其他仿真器配合，实现 PC 平台对 LKJ2000 型监控装置的仿真应用。

参考文献：

[1] 杨志刚. 列车运行监控记录装置 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.

[2] 邵志和. LKJ2000 型列车运行监控记录装置的研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2005.

[3] 简 雯. 简单介绍 LKJ2000 型列车运行监控装置 [J]. 科学之友, 2011 (18) : 72-73.

[4] 梁红梅. LKJ2000 型列车运行监控记录装置的发展及应用 [J]. 科技创业月刊, 2012, (6) : 176-178.

[5] 刘书智. Visual C++ 串口通信与工程应用实践 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2011.

[6] 蒋大炜. 列车监控系统仿真及应用研究 [D]. 上海: 同济大学, 2008.

[7] 李凤华, 钱雪军. 基于 Windows XP Embedded 的 LKJ2000 仿真系统设计与实现 [J]. 铁路计算机应用, 2013, 22 (7) : 28-30.

责任编辑 徐侃春