

# 基于单片机的 ZPW-2000 轨道 电路故障诊断系统设计

刘玉芝, 石宇平, 吕 洋, 周 欣, 李 颖

(石家庄铁道大学 电器与电子工程学院, 石家庄 050043)

**摘要:** 为了提高铁路信号工快速定位故障、判明原因并修复故障的能力, 设计研发了一套新型 ZPW-2000 轨道电路故障诊断系统。该系统通过 RS-232 串口和相关通讯协议完成 PC 机与单片机的通信, 基于单片机控制电子继电器来实现电路的通断, 进而模拟故障现象。实验表明, 该系统可以实现 ZPW-2000 轨道电路故障模拟的集中控制和集中显示, 能极大地提高故障设置以及检测修复的效率, 而且可以使用户快速地掌握电路故障点的定位与修复方法。

**关键词:** ZPW-2000; 串口通信; 轨道电路故障诊断系统; 单片机

**中图分类号:** U284.28 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-349X(2020)03-0052-04

**DOI:** 10.16160/j.cnki.tsxyxb.2020.03.011

## Design of Troubleshooting System for ZPW-2000 Track Circuit Based on SCM

LIU Yu-zhi, SHI Yu-ping, LV Yang, ZHOU Xin, LI Ying

(School of Electrical and Electronic Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

**Abstract:** In order to improve the ability of railway signalmen to quickly locate the fault, identify the cause and repair it, a new troubleshooting system for ZPW-2000 track circuit is designed and developed. This system completes the communication between the PC and the SCM through the RS-232 serial port and related communication protocols. Based on the SCM, the electronic relay is controlled to switch the circuit, and then the fault phenomenon is simulated. The experiment shows that this system can realize the centralized control and display for the fault simulation in ZPW-2000 track circuit, which can greatly improve the efficiency of fault setting, detection and repair, and enable the users to quickly master the location and repair methods of the circuit fault points.

**Key Words:** ZPW-2000 track circuit; serial communication; troubleshooting system for track circuit; single-chip microcomputer (SCM)

## 0 引言

ZPW-2000 无绝缘移频轨道电路是我国目前性能最先进、应用最广泛的轨道电路, 也是

“高铁走出去”的必备产品。轨道电路是保障列车正常运行的重要手段之一, 轨道电路故障不仅影响行车效率, 更关乎人的生命安全<sup>[1]</sup>。为

**基金项目:** 石家庄铁道大学大学生创新创业训练计划项目(201910107178); 河北省高等学校科学技术研究项目(QN2016237); 河北省自然科学基金项目(E20182)

**作者简介:** 刘玉芝(1970—), 女, 河北廊坊人, 副教授, 博士, 主要从事轨道交通信号与控制研究。

保证轨道电路等信号设备的正常工作,铁路信号工必须有过硬的专业知识和丰富的实践经验,为了加强业务技能,利用轨道电路实训系统进行日常学习必不可少。但是,既有 ZPW-2000 轨道电路实训系统电路故障的设置多依赖人工手动设置,如剪断单条信号线、拨下某个继电器等,故障设置过程繁琐,需要有专人在设备旁进行故障设置操作;经常对线材、焊点、继电器进行动作,可能会对设备器件造成不可逆转的损坏,导致设备无法正常工作;人工设置故障还可能导致故障点设置不清晰、故障设置错误、设置的故障不具有可恢复性、设置故障时间长等<sup>[2]</sup>;另外,设置故障与解决故障之间不具备独立性,用户在检测设备故障时可能会受到故障设置状态的干扰。而且随着列车速度、密度的不断变化,ZPW-2000 等信号设备的故障类型不断发生变化,故障练习的需求量大大增加,一些既有设备的故障设置方式、速度及故障设置数量已不能满足现场需求,新型 ZPW-2000 轨道电路故障诊断系统的设计研发工作迫在眉睫。因此,在既有设备的基础上进行改进,设计了一套新型 ZPW-2000 轨道电路故障诊断系统。

## 1 ZPW-2000 故障诊断系统软件设计

### 1.1 总体设计方案

故障诊断系统的软件选用 Visio Basic 语言,该开发语言具有强大的人机交互功能,可以快捷地创建 Windows 窗口,并具有代码简洁易懂、编程效率高和调试简单等优点。单片机的控制信息(如故障选择、执行修复等)由用户在软件系统中设置,并通过串口接收。设计要求继电器执行完动作后,需采集继电器接点的状态并将信息反馈给用户,即通过上位机发出控制指令,并实现下位机状态信息的采集回传和显示。故障诊断系统软件操作流程如图 1 所示。

### 1.2 设计内容

故障诊断系统软件界面主要设计了“设置”“修复”“多置”“复位”“接收”几个按钮,为了不影响用户观察电路,按钮集中放在了界面的顶部。各按钮的功能为:“设置”按钮检测到点击事件后,执行的动作内容主要是打开计时时钟

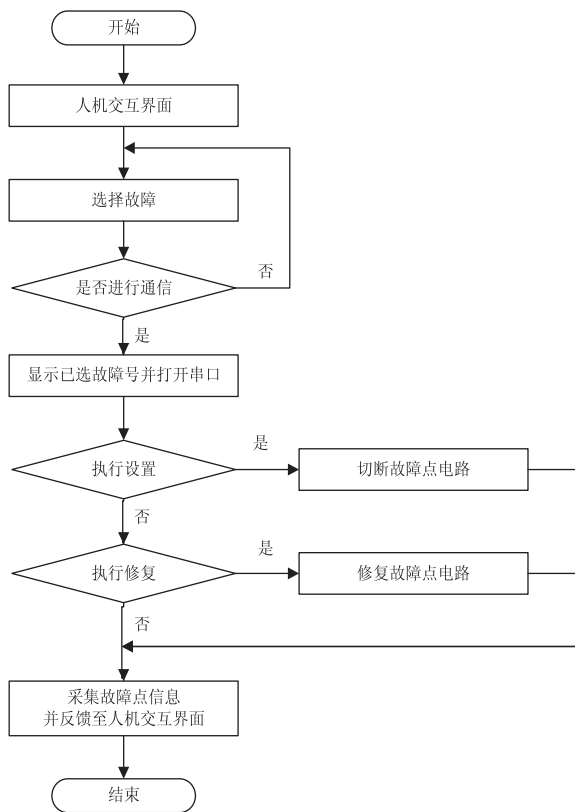


图 1 故障诊断系统软件操作流程

及通信端口,将存储在数组“gz(84)”中的文本发送至单片机主机,同时在 Text2 中显示串口的状态和文本的长度;“修复”按钮被触发后同样执行打开串口操作,向单片机发送数据,控制继电器接点的开闭;点击“多置”按钮表明用户可连续点击多个故障点后进行一次设置即可,不必逐一设置,“多置”按钮设计更加人性化,用户可根据需求自主选择设置方式;“复位”按钮的程序为软件的初始化程序,单击后软件恢复最初的上电状态;设置“接收”按钮是为了接收单片机传回的数据,打开软件后需先点击一次“接收”按钮,才能及时收到下位机的故障状况。界面还预留了足够空间,以便于后续开发过程中对设计进一步优化。

为方便用户根据需求对局部电路进行故障设置的操作,电路图被设为用户界面的主背景。对比研究发现,PictureBox 控件的功能要强于 Image 控件,它不仅可以作为其他控件的容器,而且当图片框控件发生拖曳事件时,其中的 CommandButton 控件会随着图片框一起移动,

不会错位。所以本设计采用了 PictureBox 控件,将所需电路图在 AutoCAD 中绘制好后,放在 PictureBox 控件中来实现背景界面的显示,并根据软件的功能考虑用户界面和按钮设置布局。

所有的故障点按钮均设置在 PictureBox 中,按照电路故障点的实际位置设置故障点按钮,当发生 click 事件时先检查故障点按钮的背景颜色,背景颜色为白色表示该按钮未被选中,电路接点处于连通状态;背景颜色为粉色表示该按钮被选中,电路接点断路。故障点按钮执行程序流程图如图 2 所示。

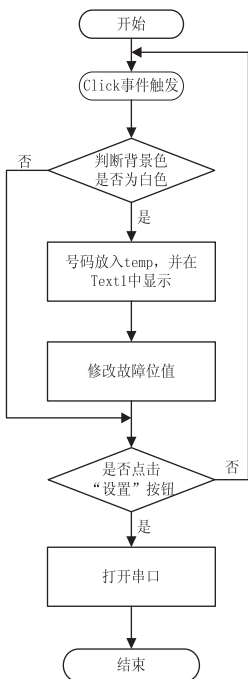


图 2 故障点按钮执行程序流程图

故障点的设置是通过识别故障数组 gz(84)中的值来实现的,数组的第一个值为“123(十六进制为 0x7b)”是传输开始标志位,数组的最后一个值“125(十六进制为 0x7d)”为传输结束标志位,中间的 gz(1)~gz(83)为 83 个故障点的数据值。设置故障点时,系统程序在检测完故障点按钮背景颜色后要在故障数组中修改相应故障号码的数据值,83 路故障在故障数组中的初始值均为“126(十六进制为 0x7e)”,当有故障时,将故障数组中对应的位置设置为故障号码,83 路故障数组对应的故障号码为 33~115(十六进制为 0x21~0x73),比如:当第

1 路有故障时,gz(1)对应值为 33;当第 83 路有故障时,gz(83)对应值为 115。这样每一路故障都有自己的故障号码,程序读起来更清楚,如果有数据丢失或错位,也可以及时发现。当系统程序检测到故障点按钮背景颜色发生变化时,便会对“temp”数组变量进行更改,temp 用文本框显示,本系统软件运用了 InStr 函数和 Mid 函数。InStr 函数能在一长串字符 string1 中找到某一短串字符 string2 的首字符位置;Mid 函数能够在 string 字符串中截取一段固定长的字符串。这样在当有故障点被取消选中,可以使用 InStr 函数找到故障号在 temp 字符串中的位置,并记为 p,然后用 Mid 语句将 temp 的 1~(p-1)位置的字符和(p+3)之后的字符组合起来,实现对故障号的删除。

故障诊断系统软件界面如图 3 所示,该界面充分考虑用户的使用体验,尽量达到人性化设计。

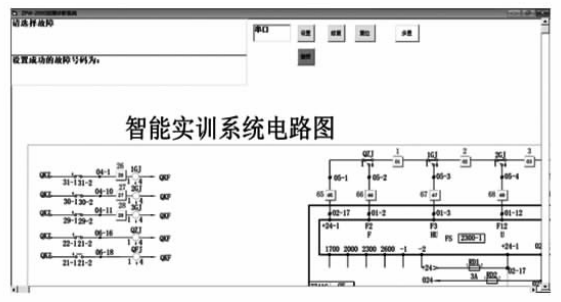


图 3 故障诊断系统软件界面图

## 2 下位机设计

下位机主要分为 3 个部分,下位机主机、4 个负责驱动(电子继电器)的从机、4 个负责数据采集(电子继电器接点状态)的从机。下位机主机负责与上位机进行通信,从上位机接收通过串口发送过来的故障数据,然后对数据进行处理,将故障数据推送给对应的电子继电器,同时将采集回来的继电器状态数据发送给上位机;4 个负责驱动的从机负责驱动电子继电器,每个从机可驱动 24 个继电器,接收到上位机软件通过串口发送过来的数据后将相应的数据推送到 P 口,控制电子继电器的通断;4 个负责数据采集的从机采集继电器接点的状态,上电后

电子继电器全为打落状态,当继电器吸起后电路断开,模拟故障的产生,同时指示继电器得电吸起的 LED 亮灯,采集 LED 前端电压传回单片机进行显示。

本系统采用 STC89C52RC 型号的单片机来完成数据接收与继电器驱动工作,采用 C 语言对单片机进行编程,在接收故障点数据时,采用主机接收然后分配至各个从机的方式。从 VB 传过来的数据并不是直观的故障号码,而是故障号码加 32。当下位机接收到上位机传输过来的 83 路故障点的数组时,先对数组进行处理,每个数值减去 32(十六进制中即为减去 0x20)变成“易读”的故障点后再进行相应的执行操作。由上位机发送过来的故障信号也可直接发送至分机进行故障处理,即将串口通信的 TXD,RXD,GND 接到每一个驱动从机上,对故障信号共同处理,同时执行,这样则更加快捷。故障信号由单片机 P 口输出,信号电流经过达林顿放大后输出至电子继电器线圈。在单片机与电子继电器之间还设计了光电耦合电路,防止单片机损毁<sup>[3]</sup>。

### 3 通信模块设计

上位机与单片机之间的通信是系统稳定可靠运行的重要环节。本设备采用 RS232 串口进行通信,该通信方式比较简单,用户可以根据编程对通信口进行操作(以便将来改进),通信协议由用户程序控制。单片机采用 TTL 逻辑电平,RS232 使用 EIA-RS232C 逻辑电平,而两种高低电平的逻辑状态规定正好相反,要想将计算机和单片机连接,必须用 MAX232 芯片在电路中进行电平和逻辑关系的转换<sup>[4]</sup>。PC 机与单片机之间点的连接关系如图 4 所示。将 MAX232 芯片焊接在电路板前端,信号经过电平转换后传送给单片机,主要用到 TXD,RXD 和 GND 串口。

上位机和单片机进行通信时,首先分别对各自的串口进行初始化,确定串口工作方式,设定波特率(两者应一致)、传输数据长度等,然后才开始数据传输。两者之间的通信,采用 VB

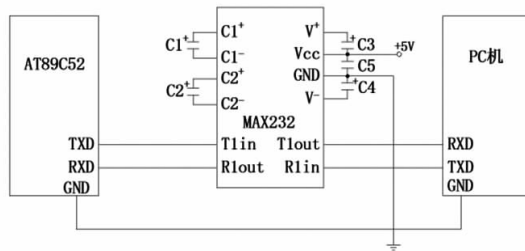


图4 PC机与单片机之间点的连接关系

软件中的 MSComm 控件实现。VB 提供了两种处理通信问题的解决方式:事件驱动方式和查询方式<sup>[5]</sup>。本设计主要使用事件驱动方式,当用户有响应、触发一个事件时,MSComm 控件上的 OnComm 事件会捕获这些变化并进入相应的事件处理函数,执行某些代码。触发 OnComm 事件可以是接收缓冲区收到的字符,也可以是 CD 或 RTS 线上发生的电平变化。

串口通信一次只能传输一个字节,而本设计需要传输的数组由长度为 2 个字节的 85 个数组成,为了使传输更稳定,不容易出现误传,于是编写了一个 send 函数,实现了双字节数据一个字节一个字节的传输。为了使上位机接收的数据值依然显示为对应的故障号,规定接收到两位数时进行一次输出,故障号码均设为两位数(01 到 83)。这样即可显示出正确的故障号码,而且下位机发送的可变值更少,占用的信息资源更少。

### 4 结语

设计的新型轨道电路故障诊断系统,是在既有设备的基础上进行的改进,增加了新型故障点,并通过在电路中特定位置加入电子继电器的方式实现故障模拟与修复的自动化,即通过继电器实现电路的自动断开或闭合。实验表明,该故障诊断系统可以实现 ZPW-2000 轨道电路故障模拟的集中控制和集中显示,相较于以往的人工设置故障的方式不仅更加快捷,能极大地提高故障设置以及检测修复的效率,而且能实现故障设置和故障检测的分离,使用户不受故障设置者的影响,判断免受干扰;同时,故障设置成功后在上位机给出表示,可以让用户更快地掌握电路故障点的定位及修复方法。(下转第 73 页)

- [22] HASEGAWA I, TAMURA S, IMANAKA N. Solid electrolyte type nitrogen monoxide gas sensor operating at intermediate temperature region[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2005, 108(1-2):314-318.
- [23] TAMURA S, HASEGAWA I, IMANAKA N. Nitrogen oxides gas sensor based on  $\text{Al}^{3+}$  ion conducting solid electrolyte [J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2008, 130(1):46-51.
- [24] TAMURA S, HASEGAWA I, IMANAKA N, et al. Carbon dioxide gas sensor based on trivalent cation and divalent oxide anion conducting solids with rare earth oxycarbonate based auxiliary electrode [J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2005, 108(1-2):359-363.
- [25] NAGAI T, TAMURA S, IMANAKA N. Solid electrolyte type ammonia gas sensor based on trivalent aluminum ion conducting solids[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2010, 147(2):735-740.
- [26] YAMAGUCHI S, FUKATSU N. Aluminium sensor based on  $\text{NaCl} + \text{NaCl-AlCl}_3$  electrolyte for hot dip galvanizing [C]. Chicago: Chicago Press, 1995:647-649.
- [27] 史明. 新型高价阳离子导电固体电解质的制备及应用 [D]. 唐山: 华北理工大学, 2017.
- [28] 高策.  $(\text{Al}_{0.2}\text{Zr}_{0.8})_{4/3.8}\text{Nb}(\text{PO}_4)_3$  固体电解质的改性及应用 [D]. 唐山: 华北理工大学, 2018.
- [29] 马嘉韩. 过渡金属掺杂 NASICON 型固体电解质的制备及性能研究 [D]. 唐山: 华北理工大学, 2019.

(责任编辑:李秀荣)

(上接第 55 页)

### 参考文献:

- [1] 刘建壮. ZPW-2000A 轨道电路故障分析与处理[J]. 中国新技术新产品, 2018(18):94-95.
- [2] 张国东. ZPW-2000A 轨道电路故障处理及其实训装置在教学中的使用[J]. 教育现代化, 2019(47):124-126.
- [3] 苏晨. 基于单片机的数字式通电延时时间继电器设计[J]. 电子技术与软件工程, 2018(18):232-233.
- [4] 张辉, 李荣利, 王和平. Visual Basic 串口通信及编程实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2018:7.
- [5] 阚能琪, 汪鑫. MSComm 控件在串口编程中的应用[J]. 四川工业学院学报, 2003(S1):3-5.

(责任编辑:李秀荣)