

文章编号：1005-8451 (2018) 10-0022-04

一种新型计算机联锁道岔控制模块方案研究

岳丽丽，王耀东

(兰州交通大学，兰州 730070)

摘要：介绍了一种基于Arduino的新型铁路信号计算机联锁核心控制模块，用电子电路取代了由安全继电器构成的道岔控制电路。内容包括联锁系统道岔控制总体架构、硬件及软件技术方案3个部分，旨在为铁路信号计算机联锁电子接口领域的研究提供新的思路。

关键词：计算机联锁；Arduino；道岔控制

中图分类号：U284.362 : TP39 **文献标识码：**A

New type of computer interlocking switch control module

YUE Lili, WANG Yaodong

(Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The paper introduced a new type of railway signal computer interlocking core control module based on Arduino, in which the switch control circuit composed of safety relay was replaced by electronic circuit. This paper included 3 parts: the overall structure of interlocking system turnout control, hardware and software technology. This project aimed at providing new ideas for the research of railway signal interlocking electronic interface.

Keywords: computer interlocking; Arduino; switch control

铁路信号控制系统经历了由机械联锁，到电气集中联锁，再到如今的计算机联锁的发展过程。当前主流的联锁产品为计算机联锁，即以现代计算机技术为核心的车站联锁实时控制系统。然而，由于种种原因，当前绝大多数计算机联锁产品用计算机实现了操作控制和核心联锁运算功能，而用于驱动和采集的接口部分仍然是采用了传统电气集中的继电器电路，即信号接口电路中保留了YXJ、ZXJ、TXJ、LXJ、DXJ、LUXJ、ZCJ、DJ等，道岔接口电路中保留了DCJ、FCJ、DBJ、FBJ、YCJ等，轨道电路接口电路中保留了DGJ等。而继电器电路又有其自身的缺点，主要表现在两个方面：

(1) 继电电路可靠性差。继电器的工作方式是通电的吸合方式，在接点接通和断开的瞬间，产生火花和电弧容易使接点氧化；同时由于继电器动作的机械磨损，会影响系统的可靠性，增加维护和检修成本。

(2) 继电电路造价高。联锁控制所用到的继电器，不同型号的价格不同，但价格多在几百甚至上千元。

收稿日期：2017-12-20

基金项目：国家自然科学基金地区基金 (61661027)。

作者简介：岳丽丽，讲师；王耀东，讲师。

同时，继电器接口电路会用到较多的电线电缆，工程造价较高。

因此，正如计算机联锁取代电气集中联锁是车站信号控制的必然趋势一样，电子接口取代继电接口将是计算机联锁发展的必然趋势。本文以此为背景，主要研究计算机联锁接口的道岔控制模块，对模块的结构、软硬件等进行设计。

1 联锁系统总体架构

1.1 道岔控制方案器件选型

近些年，随着计算机技术的飞速发展，一些相关科研单位和企业正在积极研发全电子计算机联锁系统并取得了一些科研成果，而且部分科研成果已经初步产业化。这些计算机联锁的电子接口，大多是基于单片机或可编程逻辑控制器 (PLC)，而本文介绍的联锁道岔控制模块将用 Arduino 开发板实现。

Arduino 是一款便捷灵活的开源电子开发平台，包含了一块单板的微控制器和一整套开发软件。其硬件包含一个以 Atmel AVR 单片机为核心的开发板，是配备了电源、接口、下载电路等外围器件的最小系统板。软件包括一个基于 Eclipse 的类似 C 语言、

Java 语言的开发环境和在开发板上运行的烧录程序。Arduino 系统区别于一般单片机系统的特点在于对硬件底层的控制代码细节进行了封装, 用户只需要使用 Arduino 的外围接口就可以实现控制功能。

Arduino 开发板的型号较多, 如 Arduino Uno、Arduino Nano、Arduino Mega 系列等, 以 Arduino Uno 板为例, 其处理器核心是 ATmega328 芯片, 有 14 个数字 I/O 口, 6 个模拟 I/O 口, 一个复位开关, 支持 ICSP 下载, 支持 USB 接口, 如图 1 所示。

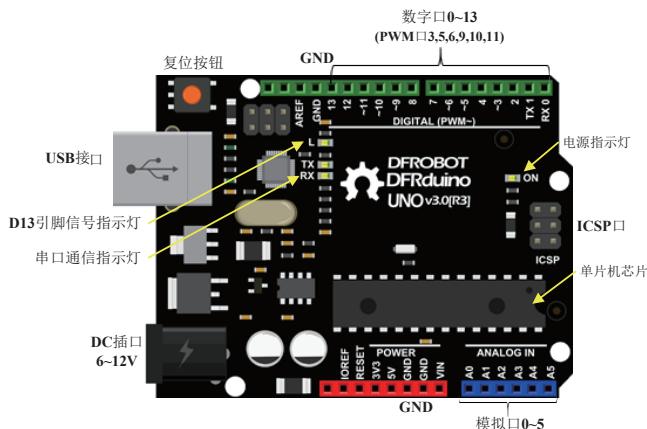


图1 Arduino Uno开发板结构图

Arduino Uno 板总体参数, 如表 1 所示。

表1 Arduino Uno总体参数

名称	参数
微控制器	ATmega168/ATmega328
操作电压	5 V
推荐输入电压	7~12 V
极限输入电压	6~20 V
数字I/O脚数	14, 其中6个提供PWM输出
模拟输入脚数	6
I/O脚直流电流	40 mA
3.3伏脚的电流	50 mA
闪存	16 kb(atMega168)或32 kb(ATmega328), 其中2 kb用于引导程序
SARM	1 kb (atMega168)或2 kb(ATmega328)
EEPROM	512 byte(atMega168)或1 kb(ATmega328)
时钟频率	16 MHz
尺寸	6.0 cm × 5.33 cm

1.2 联锁道岔控制方案总体架构

计算机联锁采用分布式结构, 包含人机会话层、联锁层和执行层 3 个层次。

(1) 人机会话层的主要功能是人机交互, 一方面接收车站值班员的进路办理、解锁、设备操纵等各种操作, 形成操作命令, 另一方面是接收来自联

锁机的室外设备状态数据, 通过上位机的软件形成图形、图像和声音语音信息。

(2) 联锁层是整个计算机联锁的核心, 主要负责进行各种复杂的联锁运算, 运算的结果将生成两路数据, 一路为表示信息, 通过串口传递到上位机, 另一路设备控制信息则传递给执行层。

(3) 执行层负责对联锁层下达的操作命令的执行和向联锁层采集室外设备的状态信息。执行层包含信号控制、道岔控制和轨道占用检查 3 个子系统。本文专指道岔控制子系统。

所谓道岔控制电子模块, 就是取消了传统接口的 DCJ、FCJ、DBJ、FBJ、YCJ 继电器电路, 用电子电路或单片机来实现室内外接口的数据采集和驱动控制。在控制器选型上, 本方案选择的是 Arduino 系列开发板中较为典型的 Uno 板。Arduino 控制器在配置上采用双机比较的冗余结构, 其处理器通过总线与联锁机进行通信, 向联锁机发送室外设备状态数据, 同时执行联锁机对室外设备操作的控制命令。道岔控制的开关采用固态继电器 (SSR, Solid State Relays)。方案总体架构, 如图 2 所示。

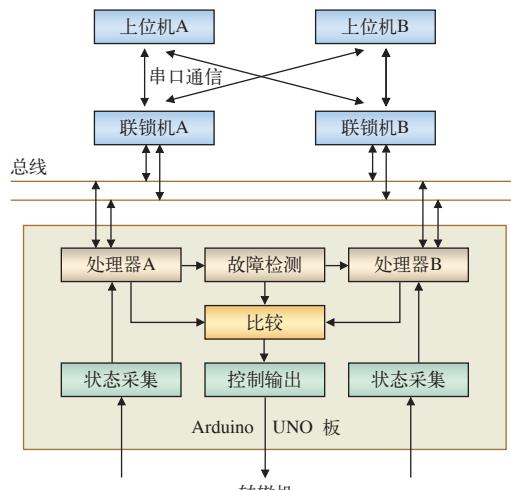


图2 联锁道岔控制方案总体架构图

1.3 道岔控制单元安全机制

本文将从系统结构方面研究联锁道岔控制模块的安全性问题, 而对于底层硬件、数据存储与传输及软件方面的安全性问题不做讨论。由下位机向执行层传递的道岔控制命令为涉安信息, 必须要对其进行安全性处理, 以满足故障—安全原则。道岔控制电子模块总体设计为双机冗余结构, 采用 2 取 2

比较及诊断的安全机制,如图2所示。联锁道岔控制模块设2个处理器,分别接收来自联锁I系和联锁II系的道岔控制变量,该命令通过处理器运算输出进行2取2表决,若比较结果为一致,则输出道岔控制命令,若比较结果不一致,则可以断定至少有一路运算发生了故障,立即以中断的方式强制两个处理器运行故障检测模块来定位故障。

这种安全机制的常态（即双机均无故障的情况下）是 2 取 2 结构，系统运行速度快，在 2 取 2 两机出故障后，才调用诊断模块来检测定位故障。因此，在满足故障—安全原则的前提下，该机制同时具有运行速度快、能定位故障的优点。

2 系统设计

2.1 硬件设计

2.1.1 道岔控制电路设计

道岔控制模块用于控制各种型号的道岔，以四线制 ZD-6 型电动转辙机为例。四线制转辙机室内外连接导线有 4 根，其含义如下：

X_1 ：定位操纵控制线和定位表示线；

X₂：反位操纵控制线和反位表示线；

X_3 ：定位表示、反位表示电路公用回线；

X₄：定位操纵、反位操纵电路公用回线。

相应地,每组道岔有2个驱动量,分别是定位操纵DC和反位操纵FC,DC为1表示输出道岔定位转换的控制信号,FC为1表示输出道岔反位转换的控制信号。

道岔控制电路采用 SSR 作为道岔控制电路的控制开关。SSR 是一种无触点通断电子开关，为四端有源器件。其中，两个端口为输出控制端，另外两个端口为输出控制端，在输入端加上较小直流或脉冲信号，输出端就能从关断状态转变成导通状态，从而控制较大负载。中间采用光电耦合器件，实现了输入与输出之间完全的电气隔离。这种电子开关具有无打火、无抖动和回跳、电磁干扰小、开关速度快（< 200 μs）、寿命长等优点。

本设计控制器选用的是比较流行的 Arduino Uno 板。在工程应用中,根据实际站场驱动采集量的大小,可选用不同型号的 Arduino 电路板,例如: Arduino

Mega2560 板的资源比 Arduino Uno 板丰富很多，它有 54 个数字 I/O 口（其中，14 个可以提供 PWM 输出），16 个模拟 I/O 口，4 对串行数据通信口。

Arduino Uno 有 14 个数字 I/O 口, 而道岔的控制量为 DC 和 FC 两个量, 采集量为 DB 和 FB 两个量。每个控制量和采集量分别对应 Arduino Uno 的一个数字 I/O 端口, 本设计中选择了 2、4、GND 引脚作为四线制道岔控制信号的输出口, 7、8 两个端口作为四线制道岔表示状态信息的输入口, PWM 及其他引脚作为提速道岔功能扩展预留端口。四线制道岔控制电路连接, 如图 3 所示。

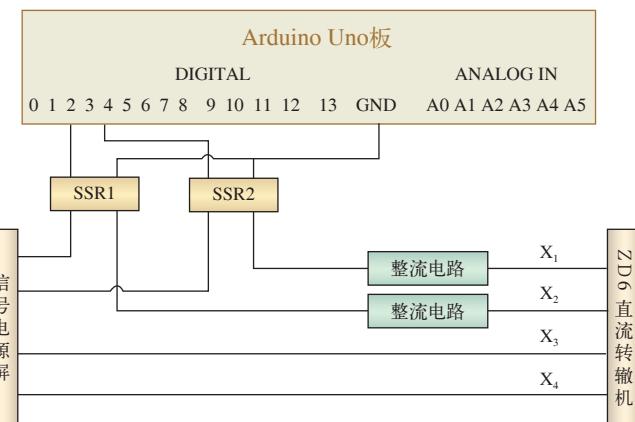


图3 四线制道岔控制电路连接图

道岔控制单元采用双模冗余结构，每个道岔控制处理器分别接受来自联锁 I 系和联锁 II 系的道岔控制命令，并分别形成各自的道岔动作信号并进行比较，若系统正常，比较结果一致，则由主机（A 机）发出相应的控制信号，置相应道岔所对应的数字 I/O 引脚为高电平，以控制 SSR 导通。SSR 导通后接通信号电源屏供出的 DZ220 直流电，经过整流后接至四线制道岔电路的 X_1 和 X_2 线，驱动道岔动作，Arduino 板收到联锁机的定位操纵命令 DC，则置引脚 4 为高电平，SSR2 导通， X_1 接通 DZ220 电源电路，转辙机执行定位转动的指令；若操作指令为反位操纵 FC，引脚 2 置高电平，SSR1 接通 X_2 操纵 DZ220 电源电路，转辙机执行范围转动的指令。本方案一块 Arduino Uno 板电路可以控制 1 组四线制 ZD6 型转辙机动作。

2.1.2 道岔位置采集电路设计

道岔有定位、反位两种正常状态，故道岔数据采集模块需要采集道岔的 BD、FB 两个量，分别对

应四线制道岔电路中的 X_1 和 X_2 表示线。另外，微机对道岔数据采集模块需要实施监督，故采集模块还需要向联锁机发送自身工作状态的量 ZT ， $ZT=1$ 说明该模块正常工作， $ZT=0$ 则说明发生故障，此时系统应立即导向安全侧。

本方案由降压防护电路、隔离电路及 Arduino Uno 数据采集板构成道岔位置采集电路，如图 4 所示。降压防护电路一方面是对转辙机表示电路 X_1 和 X_2 线电压进行降压处理，经调整生成占空比为 1:1 的 50 Hz 脉冲信号，在经过光电耦合电路，对计算机和外部电源进行隔离后接入 Arduino Uno 板相应的引脚。

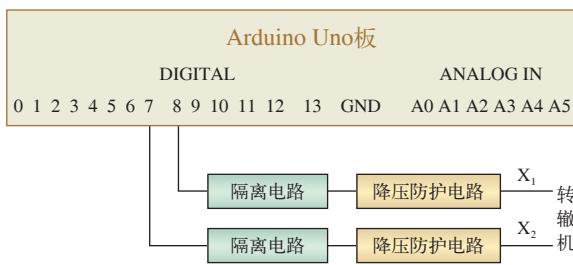


图4 道岔位置采集电路图

2.2 软件设计

道岔控制模块软件一方面对来自联锁机的控制命令进行接收和校验，另一方对采集到的道岔表示信息进行编码和发送。联锁机与道岔控制模块之间的安全通信极其重要，通信通道采用双通道方式，当两路总线数据比较一致时才认为数据有效，否则应视为故障状态。

方案中主控模块的软件在 Arduino 集成开发环境 Arduino IDE 下完成编码。主程序上电初始化道岔控制模块，运行自检模块，自检模块正常且两路道岔控制命令一致，计时器清零，记录道岔转换时间，同时输出道岔控制命令，即 Arduino Uno 板相应引脚输出高电平，若发现异常立即停止输出控制命令进行故障处理。驱动命令输出后对道岔表示信息进行采集，道岔位置判定正确后回送给联锁机，若道岔转换超时，给出报警信息并处理故障。道岔控制主流程图，如图 5 所示。

3 结束语

车站信号自动控制系统是保障铁路安全运营的核心设备，而电子化联锁控制系统则是车站信号控制

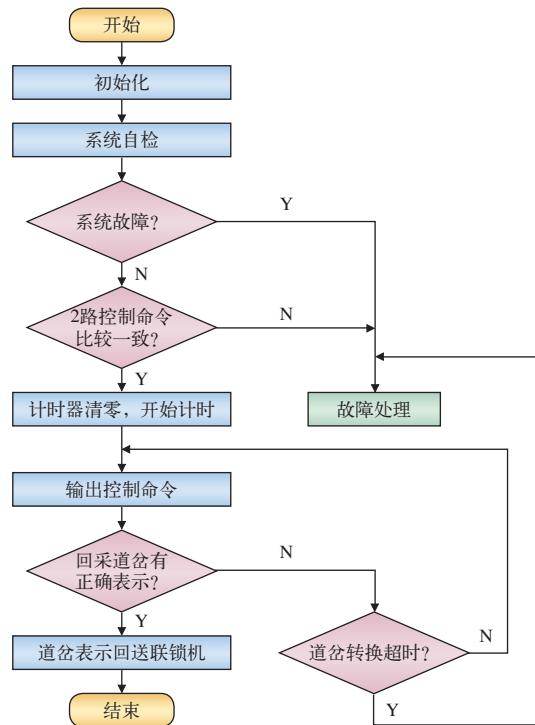


图5 道岔主控流程图

系统发展的必然趋势。本文提出了一种采用 Arduino 系统开发板作为核心控制器件的道岔控制方案，重点设计了道岔控制模块、表示采集模块和软件模块，该方案的可靠性和安全性尚需要进一步测试和检验。本方案为铁路信号计算机联锁电子接口领域的研究提供了新思路。

参考文献：

- [1] 赵志熙. 计算机联锁系统技术 [M]. 北京：中国铁道出版社，1999：225-228.
- [2] 中国铁路总公司. 计算机联锁技术条件 : TB/T3027-2015[S]. 北京：中国铁道出版社，2015.
- [3] 梁志勇. 全电子化计算机联锁系统设计方案 [J]. 铁路计算机应用, 2014, 23 (1) : 53-54.
- [4] 程 晨.Arduino 开发实战指南 [M]. 北京：机械工业出版社，2012 : 3-8.
- [5] 薛 华. 计算机联锁系统的容错技术 [J]. 铁道通信信号, 2006, 42 (4) : 12-13.
- [6] 张 鸽. 一种基于 Arduino 的 CAN 总线设计方法 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2012 (20) : 34-35.
- [7] 王家刚. ZD7 型道岔控制模块的软硬件设计 [J]. 信息化应用, 2008, 5 (4) : 22-23.
- [8] 李 强. 现代有轨电车正线道岔控制系统方案研究 [J]. 电气自动化, 2015, 37 (2) : 100-102.

责任编辑 徐侃春