

# 机车运行监控器多芯电缆智能测试仪的设计<sup>①</sup>

邓明祥<sup>1</sup>, 梁峰<sup>2</sup>, 邓源喜<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(蚌埠学院 计算机科学与技术系, 蚌埠 233030)

<sup>2</sup>(上海铁路局, 蚌埠 233050)

<sup>3</sup>(蚌埠学院 食品与生物工程系, 蚌埠 233030)

**摘要:** 针对机车运行监控器 32 芯电缆绝缘电阻和通断测量, 利用单片机控制技术, 通过控制继电器矩阵的有序动作, 实现芯线的自动切换与测量; 通过对高低压电压源的自动控制与切换, 以及根据绝缘电阻值的范围自动选择相应的取样电阻, 从而降低系统功耗, 提高系统稳定性和测量精度。

**关键词:** 绝缘测量; 电源控制; 取样电阻; 继电器驱动; I/O 扩展

## Design of Intelligent Detector for Multicore Cables in Locomotive-running Monitor

DENG Ming-Xiang<sup>1</sup>, LIANG Feng<sup>2</sup>, DENG Yuan-Xi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(Department of Computer Science and Technology, Bengbu College, Bengbu 233030, China)

<sup>2</sup>(Bengbu Locomotive Depot, Shanghai Railway Bureau, Bengbu 233050, China)

<sup>3</sup>(Department of Food and Bioengineering, Bengbu College, Bengbu 233030, China)

**Abstract:** Aiming at insulation resistance and make-break measurement of 32 core cable for operation monitor of the locomotive, using SCM control technique to control the ordering action of relay matrix, it realizes the automatic switching and measuring of core wire. In order to lower the power-waste and improve the system stability and measuring accuracy, we make use of the automatic controlling and switching of high-low pressure on voltage source, and automatically select the according sampling resistance which has a basis on the range of insulation resistance value.

**Key words:** insulation measuring; power control; sampling resistance; relay driver; I/O extension

机车运行监控器(以下简称监控器)是一种将微机控制技术运用于铁路安全行车领域的电子监控设备,是以保障铁路机车运行安全为主要目的的机车速度控制装置。其对铁路运输安全的保障作用是其他任何设备都无法替代的,被俗称为铁路机车的“黑匣子”。

在监控器主机有一通往 I 室、II 室及各传感器、电源等处的 32 芯电缆,该电缆芯线是否导通良好、芯线间绝缘电阻是否满足要求,会直接影响到机车的正常运行。

由于该装置的特殊性,在以往机车检修过程中对该电缆绝缘电阻的测量使用手摇式兆欧表,不仅测量误差大,接线繁琐,工作量大,而且测量结果无法自动保存和打印输出。更无法进行测量参数的统计、分析、预测,预防机车运行途中因电缆问题导致的故障

发生。

本文介绍的电缆测试仪,主要用于 LKJ2000 型监控器主机 32 芯电缆通断和绝缘电阻的测量,测试结果准确,测量速度快,同时具有汉字人机交互界面,功耗低,体积小,使用简单,测试结果可从液晶显示屏和打印机输出。

## 1 系统设计原理

对电缆芯线绝缘电阻的测量,是在两根芯线之间加上高压直流电源,通过测量其漏电流间接进行测量的。在测试状态下,同时将有两根芯线被接入,其中一条作为基准线,另外一条作为相对线,并由基准继电器和相对继电器进行控制。考虑到 1 号线只能作为基准线,32 号线只能作为相对线,因此需要 62 个

<sup>①</sup> 收稿时间:2011-08-19;收到修改稿时间:2011-09-19

继电器。通过控制这 62 个继电器有序动作实现对 32 根芯线的自动切换与测量。

测量结果经 A/D 转换和光电耦合电路送入单片机进行运算和处理, 结果通过 LCD 液晶屏显示或打印机输出。

## 2 系统硬件设计

系统硬件构成 2 如图 1 所示。由主控电路、电源变换模块和测量模块等组成。

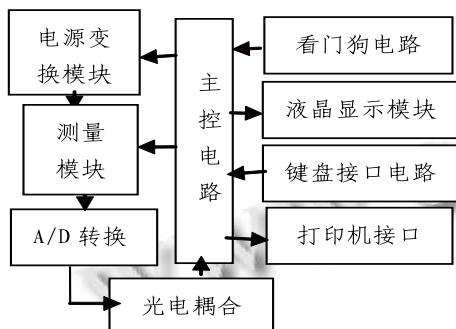


图 1 系统硬件结构框图

主控电路以 8031 单片机为核心, 负责整个系统软硬件资源的控制; 电源变换模块由直流高压发生器及其控制电路等组成, 用于产生 500V 直流高压, 并根据测量需要对高低压电源进行控制与选择; 测量模块主要包括继电器矩阵电路, 绝缘电阻和通断测量电路等。电器矩阵电路由两块  $4 \times 8$  继电器矩阵电路组成, 分别负责基准线和相对线的选择。

### 2.1 绝缘电阻测量电路设计

绝缘电阻测量原理如图 2 所示, 由基准电压、取样电路和 A/D 转换三部分组成。图中  $R_x$  为被测电缆的绝缘电阻,  $R$ 、 $2R$  为取样电阻。基准电压由系统电压源经过分压后获得。

测试时由程序启动 500V 高压直流电源, 并加在  $R_x$  和  $R$  (或  $2R$ ) 组成的分压电路上, 分压后的电压作为测量采样电压。采样电压经过 A/D 转换后送到微处理器进行滤波与计算。如果被测参数低于预设标准参数值, 结果被自动记录。

在低压电缆维修和检测过程中发现绝缘电阻值有时相差较大, 甚至有轻微短路现象, 这样会造成采样电压过大或过小现象。为了使采样信号的电平与 A /

D 转换器的所需电平相吻合, 图 2 中取样电阻一个取值为  $R$ , 另一个取值为  $2R$ , 系统会根据采样电压的大小, 由软件通过控制开关  $S$  实现量程自动切换。实际应用时根据需要取样电阻可以取两个或两个以上。

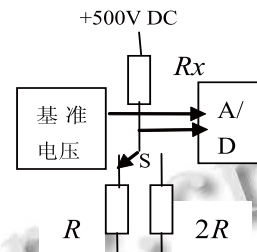


图 2 绝缘电阻测电原理图

### 2.2 电源控制与选择电路设计

便携式电缆测试仪一般采用蓄电池供电, 供电电压较低, 一般为 6~12V。这个电压对于电缆通断测量是不需要进行变换的。但绝缘电阻测量则需要高压直流电源, 因此需要采用 DC-DC 升压变换, 将 6~12V 直流电压提升到 500V 或更高。但是, 绝缘电阻测量只是其测试功能的一部分, 更多情况下测试仪不需要高压电源。为了降低系统功耗, 尽量减小高压开关电源对系统产生的影响, 提高系统稳定性, 在非绝缘电阻测量状态下利用软件通过控制电路关闭高压直流电源发生器, 使其停止工作, 系统转由蓄电池供电, 只有在绝缘电阻测量时才启动高压电源。为此, 主程序在测量之前要进行测量参数判断, 其原理如图 5 所示。硬件结构如图 3 所示。

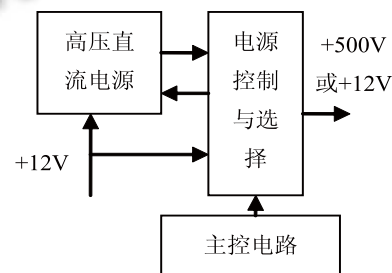


图 3 电源控制与选择电路原理框图

### 2.3 继电器矩阵驱动电路设计

本系统在绝缘电阻测试时需要用 62 个继电器对相对线和基准线进行切换选择, 若对 62 个继电器采用一对一直接驱动, 需要大量的驱动管和占用较多的系统 I/O 口资源, 增加系统成本和复杂程度。

由于系统在测试过程中任意时刻只会有一个继电器动作，这就为扫描方式驱动提供了理论上的可能。采用扫描驱动方式可以有效减少 I/O 口的数量。具体电路如图 4 所示。

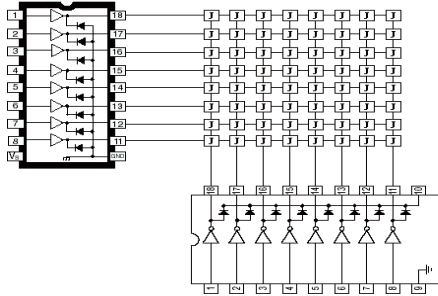


图 4 继电器矩阵驱动电路

将 64 个继电器组成一个 8×8 的矩阵，利用 UDN 2981 和 ULN2803 作为继电器行、列驱动，当某行线扫描电压为高电平、列线扫描电压为低电平时其交点处的继电器动作，相应的两根芯线被选中。

UDN2981、ULN2803 是 8 路功率驱动集成电路，输入电平为 TTL 兼容，输出逻辑相反。UDN2981 输出端采用达林顿复合管，输出电流大，可接入 50V/500ma 负载。ULN2803 的输出端采用集电极开漏输出，可与任何逻辑负载直接匹配。

### 2.4 外部 I/O 口扩展设计

由于系统需要大量的 I/O 口用于测试结果的读入和数据的输出。而单片机本身能直接使用的 I/O 口线很少，所以必须扩展大量的系统 I/O 口。

I/O 的扩展方法有多种：8255 可编程并行 I/O 扩展芯片、8155 / 8156 可编程并行 I/O 扩展芯片、8243 并行 I/O 扩展芯片、用 TTL 芯片等。但是，采用这些专用芯片进行扩展时，不仅需要大量的扩展芯片，增加系统硬件成本和体积，而且控制程序复杂，响应速度慢 5。

由于 MCS-51 单片机的外部 RAM 和 I/O 口是统一编址。因此，采用存储器映射端口扩展技术可以有效解决这个问题。把单片机外部 64K 字节 RAM 空间的一部分作为扩展外围 I/O 口的地址空间，将每个 8 位 I/O 口映射为一个外部数据存储器单元，这样对 I/O 口的操作即转化为对数据存储器单元的操作。这样不但可以节约大量的扩展芯片，降低硬件成本和体积，而且控制程序简单，响应速度比硬件扩展要快的多。

### 3 系统软件设计

系统软件采用 MCS-51 系列汇编语言编写，由一个主程序模块和三个子程序模块组成。主程序和测试程序流程如图 5、图 6 所示。主程序控制液晶显示屏循环显示。同时，实时检测键盘有无按键按下，并判断按键是否有效，如有效则转入相应子程序模块执行相应功能。在选择开始键后，系统要进行测试参数判断，当确定为绝缘参数测试时系统自动启动高压电源，然后开始测试。为了提高程序执行的效率和可读性，系统软件大量采用子程序调用和嵌套技术。各个子程序模块又由多个下级子程序混合调用组成，层次分明，有利于查错和修改。

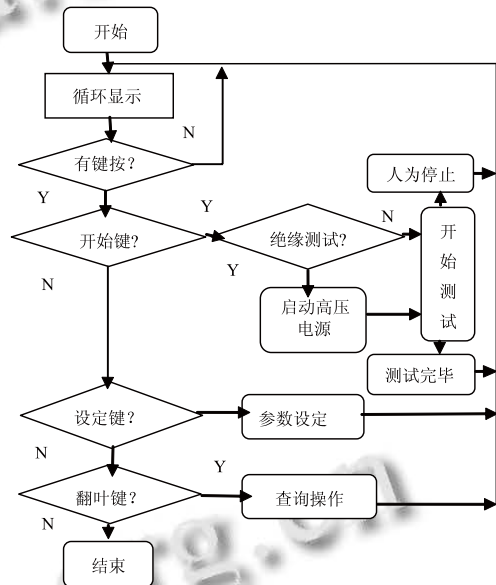


图 5 系统主程序流程图

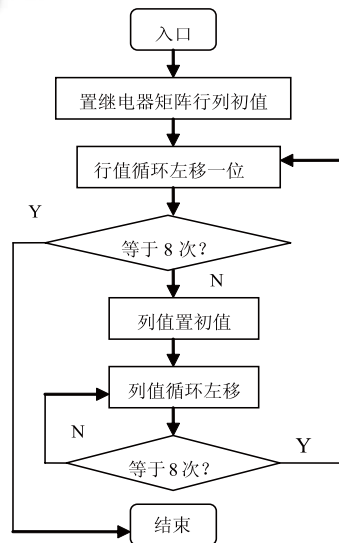


图 6 测试程序流程图

## 4 实验结果分析

(1) 测量精度实验: 选取  $1\text{M}\Omega$ 、 $2\text{M}\Omega$ 、 $5\text{M}\Omega$ 、 $10\text{M}\Omega$ 、 $20\text{M}\Omega$  高精度电阻进行测试, 测得数据如表 1 所示。

表 1

标准电阻 $\text{M}\Omega$	1	2	5	10	20
测试 1	1.03	2.03	5.03	10.09	20.09
测试 2	1.04	2.05	5.03	10.1	20.06
测试 3	1.03	2.01	5.06	10.03	20.04
测试 4	1.02	2.04	5.04	10.06	20.02
测试 5	1.04	2.02	5.02	10.02	20.08
测试 6	1.05	2.03	5.02	10.04	20.12
测试 7	1.03	2.02	5.02	10.08	20.03
测试 8	1.02	2.07	5.08	10.06	20.22
测试 9	1.05	2.06	5.06	10.06	20.03
测试 10	1.01	2.05	5.04	10.11	20.26
平均值	1.032	2.038	5.04	10.065	20.095
相对误差	3.20%	1.90%	0.80%	0.65%	0.47%

(2) 测量速度实验 (一人操作, 包括接线时间在內): 以 32 芯电缆为例, 一个人用手摇兆欧表对电缆芯线之间的绝缘电阻和芯线通断进行测量, 所用时间为 105 分钟。使用本测试仪所用时间为 10 分 26 秒。

(3) 功耗测试: 静态功耗  $\leq 120\text{mW}$ ; 最大功耗  $\leq 2\text{W}$ 。

实验结果表明, 系统具有较高的测量精度, 相对

误差小于 4%。测量速度快、功耗低, 符合设计要求。

## 5 结语

该测试仪能自动检测 32 芯电缆各芯线对地、芯线之间的绝缘电阻及芯线的通断。通过对高压开关电源适时控制, 以及专门设置的看门狗电路使系统具有稳定性好, 功耗低, 测量精度高, 测量速度快等特点。另外, 系统采用模块化设计, 可以方便扩展为 64 或 128 芯电缆的测试。可广泛用于机车信号、电务通信、邮电、航空等多芯电缆的测量。

### 参考文献

- 1 闵海波, 王仕成, 张金生. 导弹绝缘电阻快速自动化测试仪研制. 自动化仪表, 2006, (10): 76-77.
- 2 孙玉胜, 邹玉炜, 崔光照. 多芯电缆测试仪的研制. 传感器与仪器仪表, 2007, 23(7-1): 192-194.
- 3 徐俊刚, 张立材. 绝缘电阻在线检测研究. 山西建筑, 2008, 34(4): 185-186.
- 4 冀飞, 王顺喜. 高压直流电源技术的发展现状及应. 农村电气化, 2004, 8: 34-35.
- 5 刘亚平, 邢济收, 刘相权. AVR 单片机串行口的软件扩展技术. 北京信息科技大学学报(自然科学版), 2010, 25(4): 54-56.
- 6 罗大成, 王仕成, 闵海波. 一种导弹绝缘电阻测试仪的软件设计. 战术导弹控制技术, 2007, (1): 26-28.

(上接第 225 页)

务, 允许 192.168.0.\* 网段内的节点访问该主机。将 uImage 放置/tftpboot 目录下, 在 Uboot 下输入命令 tftp 31000000 uImage; bootm 31000000 后就可以加载 Linux 内核和文件系统了。见图 5。

## 5 小结

本文在分析 Uboot 原理后, 通过 4 个步骤, 将 Uboot 移植到 s3c2440 目标平台, 并使用 NFS 方式加载 Linux 系统。逐步实现了串口通信、网络、Flash 烧写、Flash 启动等功能, 提出了一种基于 s3c2440 大容量 Flash 的 Uboot 移植方法, 为后续开发打下了坚实的基础。

### 参考文献

- 1 杜春雷. ARM 体系结构与编程. 北京: 清华大学出版社, 2003. 8-9.
- 2 韦东山. 嵌入式 Linux 应用开发完全手册. 北京: 人民邮电出版社, 2008. 246-248.
- 3 Sumsuang Electronics. S3C2440A 32-BIT CMOS Microcontroller User's Manual. Republic of Korea: Sumsang, 2003.
- 4 Intel. Intel StrataFlash Embedded Memory (P30). The United States of America: Intel, 2005.
- 5 宋宝华. Linux 设备驱动开发详解. 北京: 人民邮电出版社, 2008. 541-543.