

doi: 10.7690/bgzd.2018.04.009

一种基于龙芯 2H 的电缆检测仪设计

杨 川, 张 鑫

(中国人民解放军驻 209 所军事代表处, 成都 610000)

摘要: 针对国家信息安全的需求, 设计一种基于龙芯 2H 的电缆检测仪。电缆检测仪由 CPU 处理单元、FPGA 逻辑控制单元、导通电阻检测电路、绝缘电阻检测电路组成。CPU 处理单元处理器采用国产龙芯 2H 芯片, 扩展能力强, 可提供常用的外部接口; FPGA 逻辑控制单元主要完成接口端的控制、数字采集信号处理和 CPU 处理单元的通信; 导通电阻检测电路采用开尔文四线检测法, 有效消除测试线正负两端的阻抗, 提高测量精度; 绝缘电阻采用分压法测量, 将高压直流电压降压后, 再经 AD 转换后至 FPGA 处理。采用通道切换开关复用的方式, 减少了继电器的数量, 降低了设备成本和体积, 减少了整机功耗, 增加了设备使用的寿命及测量现场的安全性。实际结果证明: 基于龙芯 2H 的电缆检测仪切实可行, 有很好的应用价值。

关键词: 电缆检测仪; 龙芯 2H; 导通电阻; 绝缘电阻; 切换开关;

中图分类号: TP274 **文献标志码:** A

A Design of Cable Detector Based on Loongson 2H

Yang Chuan, Zhang Xin

(Military Representative Office in No. 209 Research Institute, Chengdu 610000, China)

Abstract: According to the requirement of national information security, a cable detector based on Loongson 2H is designed. The cable detector consists of CPU processing unit, FPGA logic control unit, conductive resistance detection circuit and insulation resistance detection circuit. CPU processing unit processor uses domestic Loongson 2H chip, which has strong expansion ability and provides common external interface. The FPGA logic control unit mainly realizes the control of the interface, the digital acquisition signal processing and the communication of CPU processing unit. The conductivity detection circuit adopts the Kelvin 4 wires method to effectively eliminate the impedance at both ends of the test line and improve the measurement accuracy. The insulation resistance is measured by the method of partial pressure, and the high voltage dc voltage is reduced and then transferred to FPGA after AD conversion. With the method of transfer switch reuse, reduce the number of the relay, reduces the equipment cost and volume, reduce the power consumption of the engine, and increases the life span of the equipment and the safety of the measurement site. The application results show that the cable detector based on Loongson 2H is practical and has good application value.

Keywords: cable detector; Loongson 2H; conduction resistance; insulation resistance; transfer switch

0 引言

电缆检测仪应用广泛, 但是目前市场流通电缆检测仪核心芯片均采用非国产芯片, 不利于信息安全。随着国家着力提升半导体行业水平, 笔者提出了一种基于龙芯 2H 的电缆检测仪^[1-5]

1 总体设计

电缆检测仪由加固机箱、硬件板卡、显示屏、按键、输入输出接口及外部适配器等组成, 其中硬件板卡按功能划分为 CPU 处理单元、FPGA 逻辑控

制单元、接口处理单元, 按物理板卡划分为主板、采集信号处理板、接口板 1、接口板 2, 系统组成如图 1。

2 硬件设计

2.1 CPU 处理单元

CPU 处理单元处理器选用国产龙芯 2H, 是一款 SOC 芯片, 扩展能力强, 提供常用的外部接口, 如 VGA、SATA、USB、LAN、PCI-E 等, 支持 Linux、REWORKS、DeltaOS 等操作系统, 主板原理如图 2^[6-8]。

收稿日期: 2018-02-12; 修回日期: 2018-03-14

作者简介: 杨 川(1984—), 男, 四川人, 硕士, 工程师, 从事自动测试系统及光电产品研究。

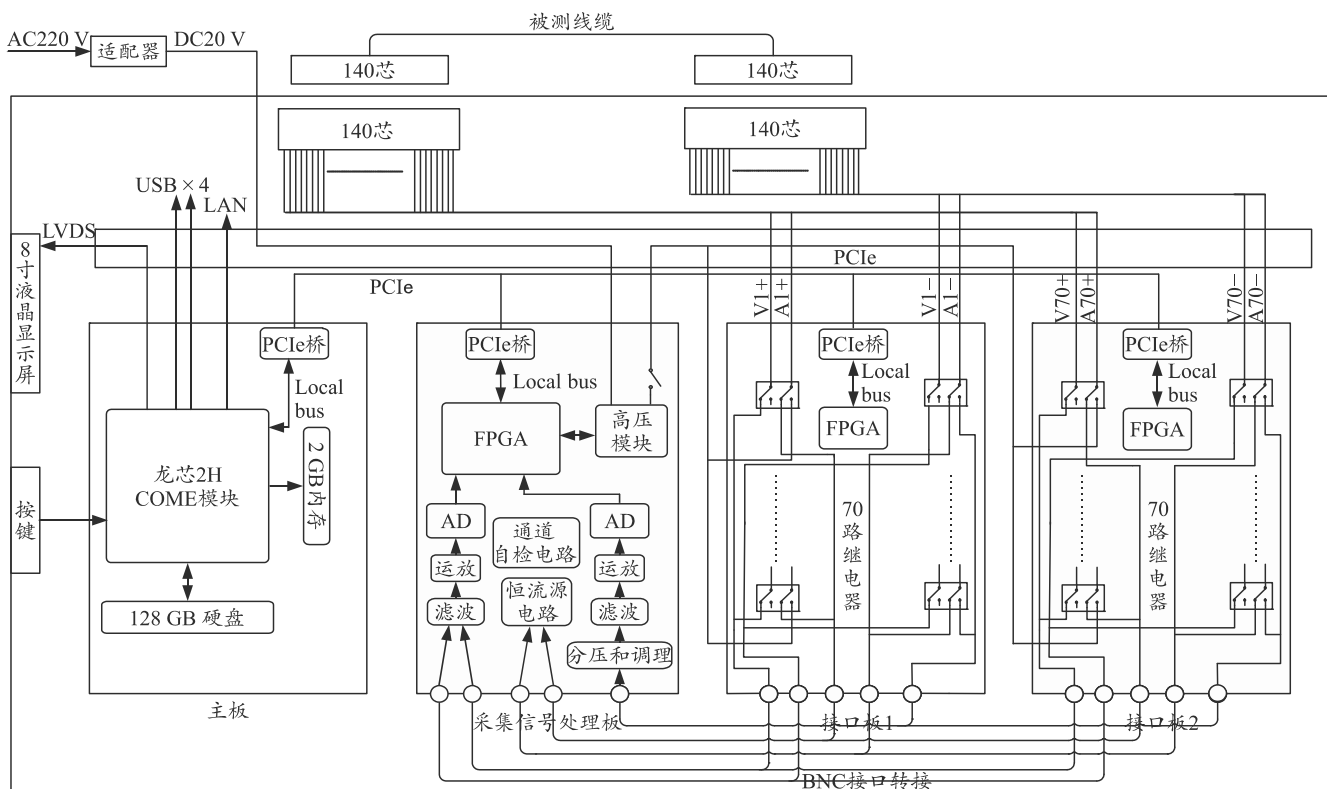


图 1 系统结构

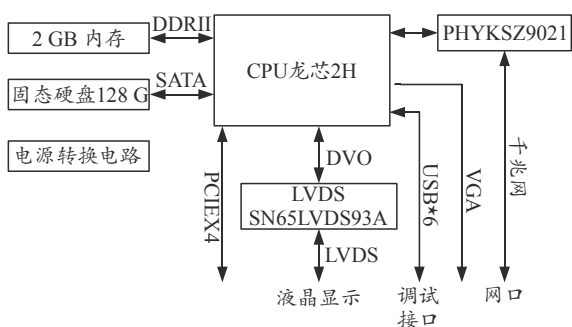


图 2 主板原理

2.2 FPGA 逻辑控制单元

FPGA 逻辑控制单元实现接口端的控制，数字采集信号处理和 CPU 处理单元的通信，核心器件为 FPGA，器件选用华微 HWD2V6000-4FG676 国产 FPGA 芯片，兼容国外 XILINX 公司 XC2V6000 芯片，系统门达 600 万门，具有较强的逻辑运算能力，可以提供 575 个 I/O 引脚，能够实现数字信号实时处理，满足系统需求。

2.3 导通电阻检测电路

导通电阻检测电路采用开尔文四线检测法，有效消除测试线正负两端的阻抗，提高测量精度，导通电阻原理如图 3。

检测电路由电压采集电路、恒流源、开关控制电路组成，通过开关控制电路控制被测线缆端点连

接，依次测量每根线缆之间的导通电阻，经伏安法可以得出：导通电阻 $R_L = \text{采集电压 } U_L / I$ ，若测得 R_L 大于 1Ω 时，测试软件显示测量失败信息^[9-11]。

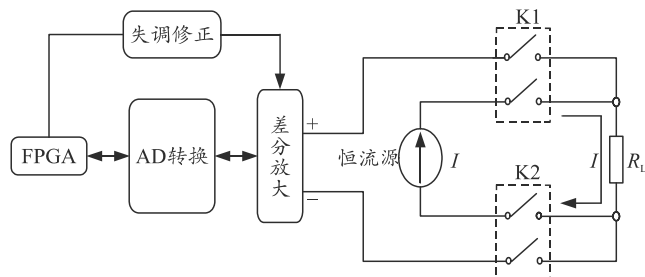


图 3 导通电阻原理

2.3.1 恒流源电路设计

恒流源采用 HowLand 电流源设计改进，设计最大值支持 35 mA，线性可调工作区间 10~30 mA。为避免分离电阻元器件温漂和时漂导致匹配问题，本电流源方案中单增益运放采用 ADI 公司的 AD8276 芯片。该芯片提供内部激光修正后的反馈电阻，具有较高的匹配度。跟随运放选用国内圣邦电子公司的高精度产品 SGM8251。原理电路见图 4，当内部电阻电阻完全相等时候， $I_{out} = V_1 / R_1$ 。 V_1 采用 DAC 实现，DAC 芯片选用 ADI 公司的 AD5693R^[12-13]。

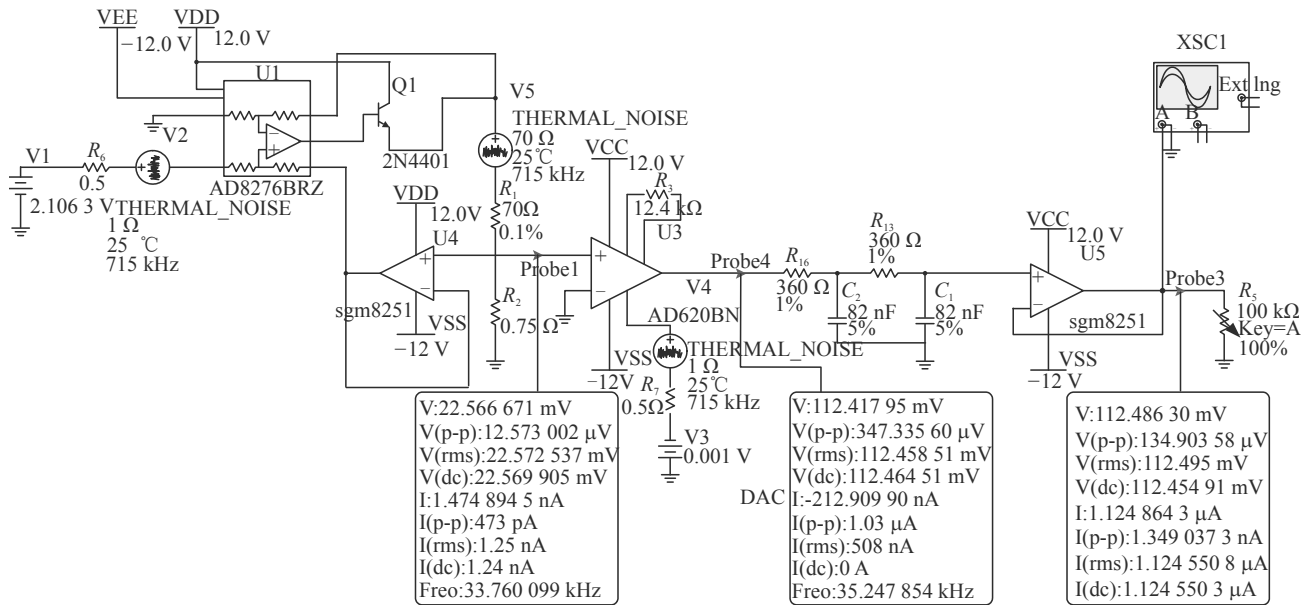


图 4 恒流源电路原理

2.3.2 电压采集电路设计

根据技术要求，导通电阻的测试范围要求为 $1 \times 10^{-3} \sim 50 \Omega$ ，若测试电流为 1 mA，采集电压范围为 $3 \times 10^{-5} \sim 1.5 \text{ V}$ ，ADC 满量程范围为 $0 \sim 10 \text{ V}$ ，故在采集端增加仪表运算放大器，选用振华风光的高精度差分仪表放大器 FX620。它具有高精度、低失调电压和低失调偏移、低噪声等特点，其放大倍数为 $1 \sim 10\,000$ ，可通过外部电阻设置增益；ADC 选择 $\Sigma-\Delta$ 型 24 bit 国产高精度模数转换器 HWD7734，兼容 ADI 公司 AD7734/AD7732，可设置单极性或双极性输入，输入范围 $0 \sim 10 \text{ V}$ 和 $\pm 10 \text{ V}$ 。

根据电阻测量范围 $1 \times 10^{-3} \sim 50 \Omega$ ，通过欧姆定律计算，对应采集电压范围为 $3 \times 10^{-5} \sim 1.5 \text{ V}$ ，通过前置运算放大器分别放大 5 倍后得到 $1.5 \times 10^{-4} \sim 7.5 \text{ V}$ ，AD 转换器的输入量程设定为 10 V 单极性输入，能够满足 AD 转换输入端的要求。

2.4 绝缘电阻检测电路

笔者采用分压法测量线缆的绝缘电阻，设计原理如图 5^[14-16]。根据分压的原理，测量电路将施加在绝缘电阻上高压直流电压经反相放大器分压得低电压，再经 AD 转换后至 FPGA 处理。

如图 5 所示，300VDC 由高压电源模块提供，通过 DC12V 直流进行转换，输出电流最大为 30 mA，内部集成过流、过压等保护，输出一个稳定且已知的直流高压信号， R_L 为待测线缆的等效绝缘电阻。在电路中设计了自恢复保险管 FU，运放输入端设计稳压二极管，如线缆中出现短路，不会造成电

检测仪的损伤。同时高压直流输出进行限流设定，保护整个测量电路，保护人员安全。假设直流稳压源提供的电压为 300 V，在 ADC 上采集到的电压为 U ，绝缘电阻的大小： $R_L = 300/U \times R_f$ 。

其中 K1 和 K2 为继电器开关，控制每根被测线缆相互测试，实现采集通路的复用，图 5 中反馈电阻 R_f 选用 15 M Ω 、1.5 M Ω 、150 k Ω 和 30 k Ω 的金属薄膜电阻，绝缘电阻测试范围为 $1 \Omega \sim 800 \text{ M}\Omega$ ，以反馈电阻 R_f 为 15 M Ω 为例，300 V 分压得到 -5.625 V，AD 转换器的输入量程设定为 $\pm 10 \text{ V}$ 双极性输入，满足量程范围。

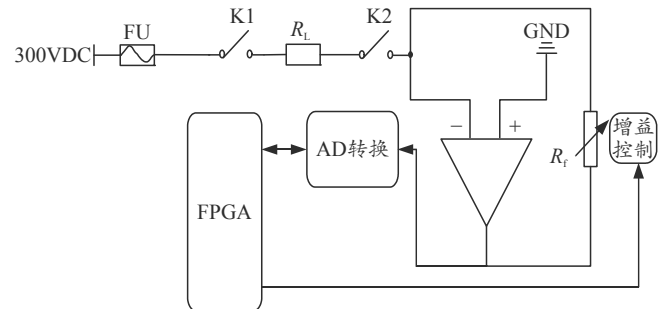


图 5 绝缘电阻电路

2.5 开关切换电路

选用继电器作为开关切换，常规继电器分为磁继电器和固体继电器：磁继电器是靠线圈激励产生磁感应吸合机械开关的原理，内部机械触点吸合或断开可能会产生电火花的现象，不满足本设备使用环境的要求；而固态继电器是一种由电子元器件、集成电路和混合集成电路组成的电子开关，开关关断时存在一定量的漏电流，严重影响测量值。笔者

