

# 基于 $\mu$ C/OS-III 实时操作系统的电梯检测通用控制仪\*

孙学礼 刘英杰

(广州特种机电设备检测研究院研发中心, 广东 广州 510663)

**摘要:** 针对一系列电梯检测仪器的控制仪存在功能相近、重复开发的问题, 设计一种基于  $\mu$  C/OS-III 实时操作系统的电梯检测通用控制仪。该控制仪由信号采集、电机控制和手持控制等模块组成, 且根据应用场景不同, 可选择信号采集模块和电机控制模块的数量; 各模块之间通过 ZigBee 无线网络通信。该控制仪适用于多种特种设备检测仪器, 如电梯平衡系数检测仪、电梯超载开关检测仪、电梯无载静态曳引试验检测仪等, 并具有良好的可扩展性, 为后续产品开发节省成本、节约时间。

**关键词:** 电梯检测通用控制仪; 实时操作系统; ZigBee

**中图分类号:** TP29

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-2605(2021)06-0009-05

**DOI:** 10.3969/j.issn.1674-2605.2021.06.009

## 0 引言

近年来, 有关研究人员针对电梯检测开发了一系列仪器, 如电梯平衡系数检测仪<sup>[1]</sup>、电梯超载开关检测仪<sup>[2]</sup>、电梯无载静态曳引试验检测仪<sup>[3]</sup>等。这些仪器的控制仪功能大致相同(读取并显示传感器信号、控制电机等), 若都单独开发一套独立控制仪, 开发周期长且资源重复浪费。基于前期研究基础, 本文采用  $\mu$  C/OS-III 实时操作系统开发适用于多种电梯检测仪器的通用控制仪, 操作简单, 并预留功能扩展接口, 为后续产品开发提供支持。

## 1 控制仪总体设计

基于  $\mu$  C/OS-III 实时操作系统的电梯检测通用控制仪(以下简称控制仪)由手持控制模块、信号采集模块及电机控制模块组成, 组成框图如图 1 所示。

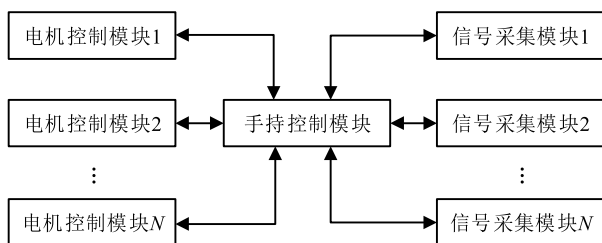


图 1 控制仪组成框图

手持控制模块是控制仪与操作人员直接交互的部分, 用于接收操作人员的指令、显示信号采集模块传送的信息以及向电机控制模块发送控制指令。

电机控制模块根据手持控制模块发送的指令, 控制伺服电机启停、工作模式以及转速或转矩。

信号采集模块采集、处理检测仪器配套传感器的值, 无线传送给手持控制模块, 并将此信号作为闭环控制的反馈信号传送给电机控制模块, 调控电机的转速或转矩。

为保证控制仪的稳定性和实时性, 电机控制模块和手持控制模块移植  $\mu$  C/OS-III 嵌入式实时操作系统。在一套电梯检测仪器中, 通常有 1 个手持控制模块、多个信号采集模块和电机控制模块, 各模块之间通信网络为星状结构, 即以手持控制模块为中心节点, 其他无线网络节点均与其连接。本文采用基于 802.15.4 的 ZigBee 无线网络, 满足该拓扑结构的模块间通信要求。

## 2 硬件设计

### 2.1 信号采集模块

信号采集模块硬件组成框图如图 2 所示。

\* 基金项目: 广东省市场监督管理局科技项目(2020CT07); 广东省特种设备安全科技协同创新中心项目(2021B1111600002)。

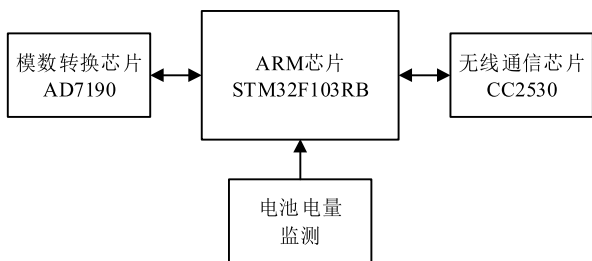


图2 信号采集模块硬件组成框图

信号采集模块以 STM32F103RB 为主控芯片，负责控制模数转换、无线通信数据处理、电池电量监测等。模数转换芯片 AD7190 将传感器采集的模拟信号转换为数字信号，分辨率为 24 Bit，采样率为 4.7 Hz ~ 4.8 kHz，可配置为两路差分输入或四路伪差分输入<sup>[4]</sup>；无线通信芯片 CC2530 提供一个 IEEE 802.15.4 兼容无线收发器，增强工业标准的 8051 MCU，系统可编程 Flash 存储器，8 kB RAM，结合德州仪器的 ZigBee 协议栈（Z-Stack），可满足控制仪无线信号的传输需求<sup>[5]</sup>；信号采集模块由电池供电，采用 STM32 内部的 A/D 模数转换模块进行电池剩余电量监控<sup>[6]</sup>。

## 2.2 电机控制模块

电机控制模块硬件组成框图如图 3 所示。

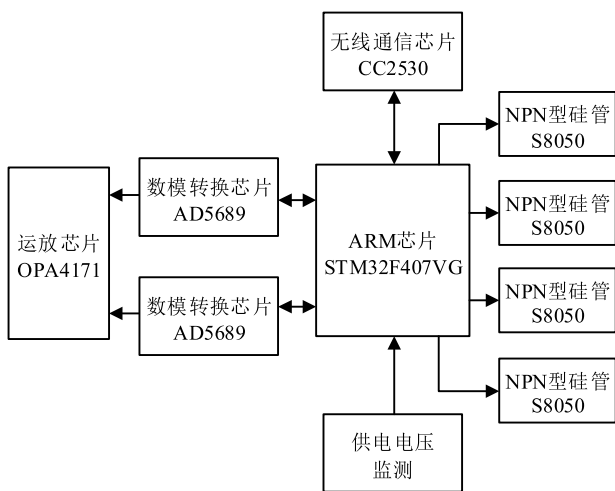


图3 电机控制模块硬件组成框图

电机控制模块以 STM32F407VG 为主控芯片，负责控制数模转换、NPN 型硅管开关、无线通信数据处

理、供电电压监测等。数模转换芯片选用 2 个 AD5689，其是一款低功耗、双通道、16 位缓冲电压输出数模转换器<sup>[7]</sup>，配合运放芯片 OPA4171 可输出 -10 ~ +10 V 的直流电压，该直流电压可作为伺服电机的速度模式与控制模式的控制信号<sup>[8]</sup>；NPN 型硅管 S8050 用于控制电机开关<sup>[9]</sup>；无线通信芯片 CC2530 与手持控制模块通信；电机控制模块留有接口与伺服电机驱动器连接，单个模块最多可控制 4 台伺服电机；电机控制模块采用 220 V 交流电源整流后的电源供电，由 STM32 内部 A/D 模数转换模块进行直流供电电压监测。

## 2.3 手持控制模块

手持控制模块硬件组成框图如图 4 所示。

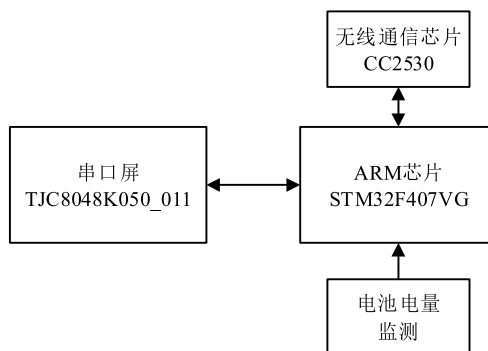


图4 手持控制模块硬件组成框图

手持控制模块电路以 STM32F407VG 为主控芯片，负责与串口屏通信、无线通信数据处理、电池电量监测等。串口屏采用 TJC8048K050\_011<sup>[10]</sup>；无线通信芯片 CC2530 与信号采集模块、电机控制模块通信。

## 3 软件设计

控制仪软件分为信号采集模块程序、电机控制模块程序、手持控制模块程序和串口屏人机界面 4 部分，其中前三部分在 Keil uvision5 下使用 C 语言编写，第四部分在 USART HMI 下完成。

### 3.1 信号采集模块程序

信号采集模块程序主要实现传感器信号采集、电池电量监测等功能。传感器信号经模数转换后，通过 ZigBee 无线网络传送给手持控制模块和电机控制模块，程序流程图如图 5 所示。信号采集模块功能相对

简单，没有采用  $\mu C/OS-III$  实时操作系统，AD7190 和电池电压采样在 2 个定时器内完成，两者的采样周期由手持控制模块设定。

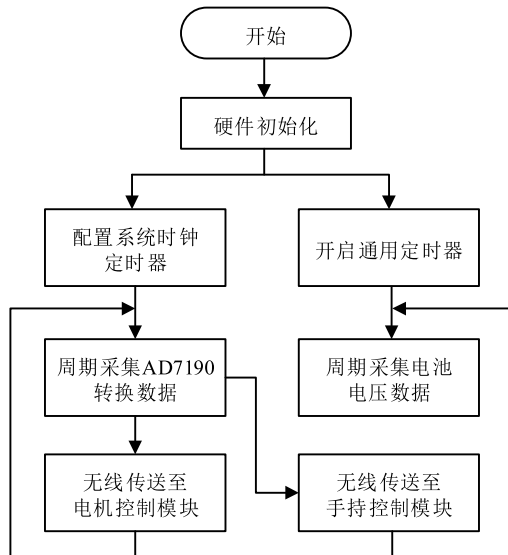


图5 信号采集模块程序流程图

### 3.2 电机控制模块程序

电机控制模块程序流程图如图 6 所示， $\mu C/OS-III$  实时操作系统负责电机控制、无线信号接收处理和电池电量监测 3 项任务。其中，无线信号接收处理任务用于接收、处理手持控制模块传送的信息，优先级最高，不允许遗漏接收内容；电机控制任务用于控制电机的启、停、转速和转矩，优先级仅次于无线信号接收处理任务；电池电量监测任务用于监测电池的电量，采样周期低，优先级最低。

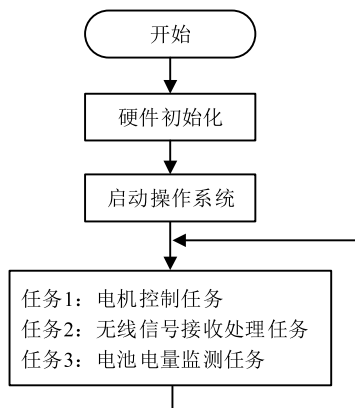


图6 电机控制模块程序流程图

### 3.3 手持控制模块程序

手持控制模块程序流程图如图 7 所示。

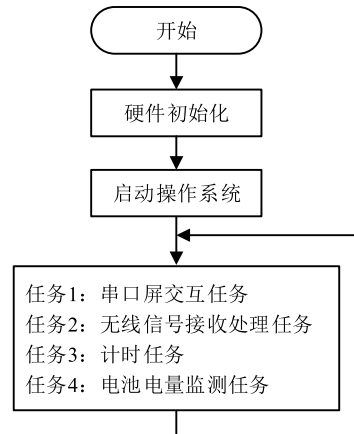


图7 手持控制模块程序流程图

$\mu C/OS-III$  实时操作系统负责串口屏交互、无线信号接收处理、计时和电池电量监测 4 项任务。其中，串口屏交互任务用于接收、处理串口屏发出的指令，优先级最高，不允许遗漏接收内容；无线信号接收处理任务用于控制伺服电机，接收、处理信号采集模块传送的数据，优先级仅次于串口屏交互任务；计时任务用于计时某些检测过程持续的时间，优先级低于串口屏交互任务；电池电量监测任务优先级最低。

### 3.4 串口屏人机界面

串口屏人机界面包括开机、电梯平衡系数测试、电梯超载开关测试和电梯静态曳引试验等，分别如图 8~11 所示。

控制仪开机进入图 8 界面，可选择检测内容、无线联网设置。



图8 开机界面

选择进入电梯平衡系数测试系统后，界面如图 9 所示，有实时重量显示、轿厢侧重量、对重侧重量、额定载荷、曳引比和计算 6 个窗口。其中，实时重量显示的数值为测试的实时重量，当该数值稳定后，可选择轿厢侧重量/对重侧重量按钮将数值保存；额定载荷根据电梯的实际情况进行手动输入；点击曳引比，有 1:1、2:1 及 4:1 选项，可根据实际情况进行选择。

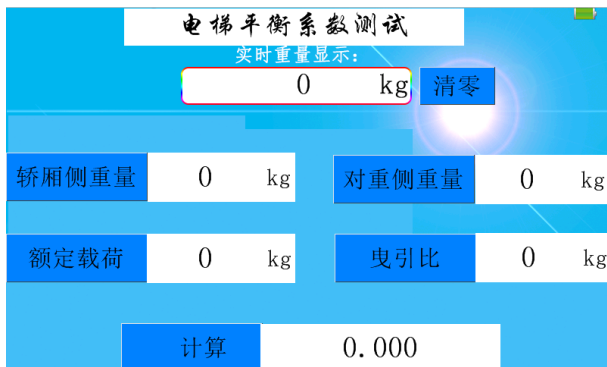


图 9 电梯平衡系数测试界面

电梯超载开关测试界面如图 10 所示。施加负载值窗口实时显示超载开关测试仪施加于电梯的力值；可手动输入电梯额定载荷值；可选 4 台电机的正/反转。



图 10 电梯超载开关测试界面

电梯静态曳引试验界面如图 11 所示。在施力值设定窗口设定预施加的力值，电机根据该设定值和施力实时值调整转矩；点击开始按钮，开始施加力；施加于钢丝绳上的力稳定后，点击计时按钮开始计时；点击暂停按钮电机停止运行；点击复位按钮，电机反转撤销所施加的力。

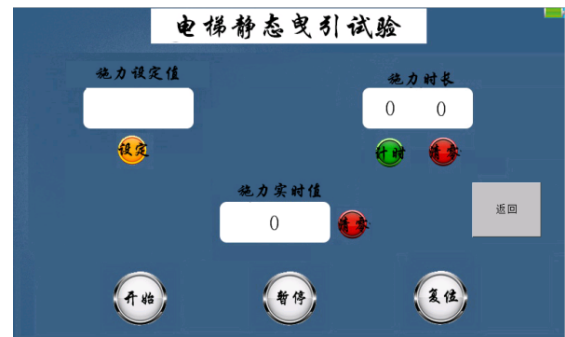


图 11 电梯静态曳引试验界面

## 4 应用

目前，控制仪可应用于电梯平衡系数测试、电梯超载开关测试以及电梯静态曳引试验，下面以电梯静态曳引试验为例作介绍。

电梯静态曳引试验检测仪利用伺服电机施力替代载荷，实现电梯静态曳引试验无载检测，安装示意图如图 12 所示。

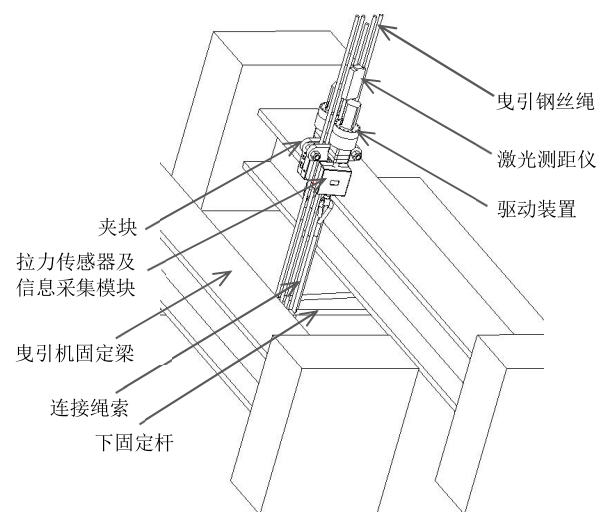


图 12 电梯静态曳引试验检测仪安装示意图

测试时，驱动装置通过连接绳索拉下固定杆，由于下固定杆作用在曳引机固定梁上不能移动，夹块对夹持的曳引钢丝绳产生向下的作用力，该作用力用来模拟轿厢的额定载荷。

电梯静态曳引试验检测仪的控制仪组成如图 13 所示，采用 1 个手持控制模块、2 个信号采集模块和

1 个电机控制模块。手持控制模块收集信号采集模块的数据, 根据该数据向电机控制模块发送指令; 信号采集模块采集拉力传感器的值, 并发送给手持控制模块; 电机控制模块根据手持控制模块所传送的指令, 选择转矩控制模式及转矩大小。

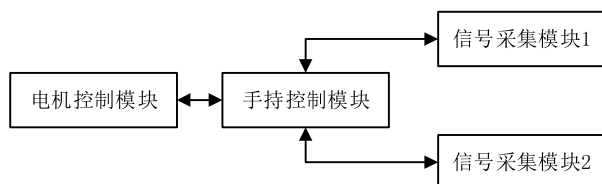


图 13 电梯静态曳引试验控制仪组成框图

## 5 结语

本文提出的基于  $\mu$ C/OS-III 实时操作系统的电梯检测通用控制仪, 可通用于电梯平衡系数检测仪、电梯超载开关检测仪及电梯静态曳引试验检测仪, 同样也适用而正在开发的自动扶梯梳齿板保护开关测试仪<sup>[11]</sup>。该通用控制仪的开发, 有效缩短检测仪器的开发周期, 降低开发成本。

## 参考文献

- [1] 孙学礼, 黄国健, 刘英杰, 等. 一种无载的电梯平衡系数检测方法及其实现[J]. 自动化仪表, 2017, 38(9): 61-64.
- [2] 孙学礼, 黄国健, 刘英杰, 等. 一种无载荷的电梯超载保护装置检验方法[J]. 自动化与信息工程, 2017, 38(1): 5-7, 12.
- [3] 孙学礼, 黄国健, 刘英杰. 电梯静态曳引试验的无载检测方法及其实现[J]. 自动化与信息工程, 2020, 41(6): 23-27.
- [4] 朱旭芳, 朱小芳. 24 位模数转换器 AD7190 原理及应用[J]. 软件导刊, 2015, 14(3): 24-26.
- [5] 马书敏, 刘亚辉. ZigBee 与 UWB 融合定位移动终端设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2021(8): 176-179.
- [6] 吉炫玮. 基于 STM32 的蓄电池充放电控制及无 8063 线监测系统的设计[D]. 银川: 北方民族大学, 2018.
- [7] 吴永忠, 梅新星. 基于 STM32 的微弱光电信号检测系统的设计与实现[J]. 传感器与微系统, 2020, 39(6): 107-109, 112.
- [8] 杨杰, 唐炜, 麦志辉, 等. 铅酸蓄电池多参数在线检测系统的设计[J]. 机械与电子, 2020, 38(5): 64-68.
- [9] 胡致杰, 梁人杰, 罗泽鹏, 等. 一种具有警示功能节水装置的设计与实现[J]. 机电工程技术, 2020, 49(3): 112-114.
- [10] 周昱帆, 涂国宇, 潘锋伟, 等. 基于淘晶驰串口屏的心电图监护设计[J]. 电子制作, 2021(11): 15-17, 52.
- [11] 林燕, 黄子豪, 何山, 等. 一种自动扶梯梳齿板安全保护开关触发力测量装置[J]. 自动化与信息工程, 2019, 40(1): 7-11.

# Elevator Detection General Controller Based on $\mu$ C/OS-III Real Time Operating System

Sun Xueli Liu Yingjie

(R&D Center, Guangzhou Academy of Special Equipment Inspection & Testing,  
Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of similar functions and repeated development of a series of elevator detection instruments, design a elevator detection general controller based on  $\mu$ C/OS-III real time operating system. The controller is composed of signal acquisition, motor control and handheld control modules, and the number of signal acquisition modules and motor control modules can be selected according to different application scenarios; Each module communicates with each other through ZigBee wireless network. The controller is applicable to a variety of special equipment detection instruments, such as elevator balance coefficient detector, elevator overload switch detector, elevator no-load static traction test detector, etc., and has good scalability, saving cost and time for subsequent product development.

**Key words:** elevator detection general controller; real time operating system; ZigBee

## 作者简介:

孙学礼, 男, 1982 年生, 硕士研究生, 高级工程师, 主要研究方向: 检测仪器开发, 包括电气设计、机械设计、控制编程等。E-mail: 641302712@qq.com