

邵阳职业技术学院

毕 业 设 计

产品设计	工艺设计	方案设计
		√

设计题目: 基于 Linux 的智能电梯控制系统研究

学生姓名: 李凯

学 号: 201810300212

系 部: 电梯工程学院

专 业: 电梯工程技术

班 级: 电梯 1181

指导老师: 何可人

二 0 二 一 年 六 月 一 日

目 录

引言.....	1
一、智能电梯控制器的功能需求分析.....	1
二、智能电梯控制器的硬件平台设计.....	3
(一) 电梯控制器的硬件结构.....	3
(二) 电梯控制器的原理设计.....	3
(三) PCB 的详细设计.....	5
三、智能电梯控制器系统软件设计.....	5
(一) Linux 内核移植.....	5
(二) 电梯逻辑控制功能设计.....	7
(三) 速度控制功能设计.....	8
四、成果.....	错误! 未定义书签。
参考文献.....	11

[摘要]

随着城市化进程的推进，高层建筑变的越来越多，电梯作为高层建筑中可以垂直运行的交通工具,其重要性是不言而喻的。让电梯更安全、更智能、更高效,是当今电梯技术的发展趋势。本文首先对当前电梯控制系统需求进行了分析，其次对智能电梯控制系统的总体架构进行了设计说明，随后对智能电梯控制系统的硬件和软件部分分别进行了详细的分析与设计。

[关键字]：智能控制；电梯物联网；电梯系统

引言

目前的电梯控制技术领域中,电梯的控制器以 PLC、16 位或 32 位微处理器为主,在这些处理器上开发的电梯控制系统能够满足一般的垂直运输需求。但是随着物联网的发展和智慧城市的提出,人们对电梯的性能也提出了更高的要求。在安全性能方面,由于传统的定期维保已经不能及时的发现问题,需要能对电梯的各种状态进行实时监测,同时能够对电梯运行过程中可能出现的各种故障进行诊断和报警;在数据管理方面,要求电梯有完善的数据处理机制,包括数据备份,信息采集,固件升级等;在电梯功能上,要求电梯能有强大的扩展性,能够给不同的客户提供所需的功能。

一、智能电梯控制器的功能需求分析

为了能够实现多任务运行和高强度计算,选择嵌入式处理器作为核心处理单元是一个比较好的方案,而处理器的性能也直接影响着电梯控制器的运行效率,所以选择一款高性能处理器非常重要。同时在构建嵌入式系统时,高性能且大容量的 Flash 存储器与 SDRAM 内存也是必备的。

考虑到电梯控制器需要与多种外围设备进行连接与通信,控制器的外围端口和通讯口设计必须明确:

(1)电梯控制器通过物理输入口采集外围开关量信号,为了兼容当前的控制柜插件接口,本文设计的控制器有 24 路低压数字量输入和 3 路高压数字输入,核心处理器通过 GPIO 接口连接输入信号。

(2)电梯控制器通过物理输出口控制主机和抱闸等外围开关,本文设计的控制器有 6 路继电器输出,由核心处理器通过 GPIO 端口控制输出信号。

(3)现有的外呼显示器只支持 CANBUS 通讯,因此电梯控制器需要设计 CANBUS 通讯接口。

(4)电梯控制器与轿厢控制器需要通过 CANBUS 总线和以太网通信接口与控制柜连接。本文设计的控制器需要配置至少 1 个 100/1000M 自适应网络端口,核心处理器通过 MII 接口与网络芯片连接,实现以太网通信功能。

(5)手持调试器通过 RS232 与电梯控制器连接。

(6)网络通信接口是电梯控制器与数据处理中心的中间桥梁,目前物联网技术使用的数据传输方式也有很多种,其中以太网是有线传输方式,所以它也是最稳

定和安全的通信方式。但是很多大楼的电梯机房不会预留以太网接口，在这些环境中就必须通过无线通信方式来实现网络通信功能，而在这些无线网络中，4G网络的通信传输速率是最高的,其理论上下行传输速度为10Mbps~100Mbps之间，因此本文选用4G网络作为无线通信方式，电梯控制器上将设计4G网络通信模块。

由于电梯属于电梯特种安全设备，为了保证电梯的安全运行，也为了电梯设计的规范化，其功能必须满足国家制定的工作指标和应用指标。需满足的工作指标如表1-1所示。

表 1-1 电梯控制器工作指标	
指标项目	指标要求
工作电压	DC24V
工作电流	2A
防护等级	IP20
存储湿度	不超过 90%，不凝露
存储温度	-20°C--60°C
工作温度	-10°C~45°C
应用环境	无腐易燃性气体及导电性尘埃
环保等级	污染等级：2
安装振动	2Hz≤f<9Hz 振幅=0.3mm
运输振动	2Hz≤f<9Hz 振幅=3.5mm

电梯控制器的应用标准如表1-2所示。

电梯控制器的应用标准如表 1-2 所示	
应用项目	标准要求
电气安全标准	G8588-2003(2015)
电磁兼容标准.	EN12015-2004;
电梯技术条件	GB/T10058-2009
试验方法	GB/T10059
电梯安装验收规范	GB10060
低压设备标准	GB14048.1-2006

二、智能电梯控制器的硬件平台设计

(一) 电梯控制器的硬件结构

整个电梯控制器硬件平台由核心板和控制器底板组成，核心板包括了基于 ARMCortex-A8 内核的处理器 AM3358，512MBRAM 和 512MBNANDFlash。控制器底板包括输入电路、输出电路、手持调试器接口电路、数码管电路、EEPROM 电路、电源转换电路、CANBUS 通信电路、以太网通信电路、4G 通信模块、USB 接口电路、SD 卡接口电路。

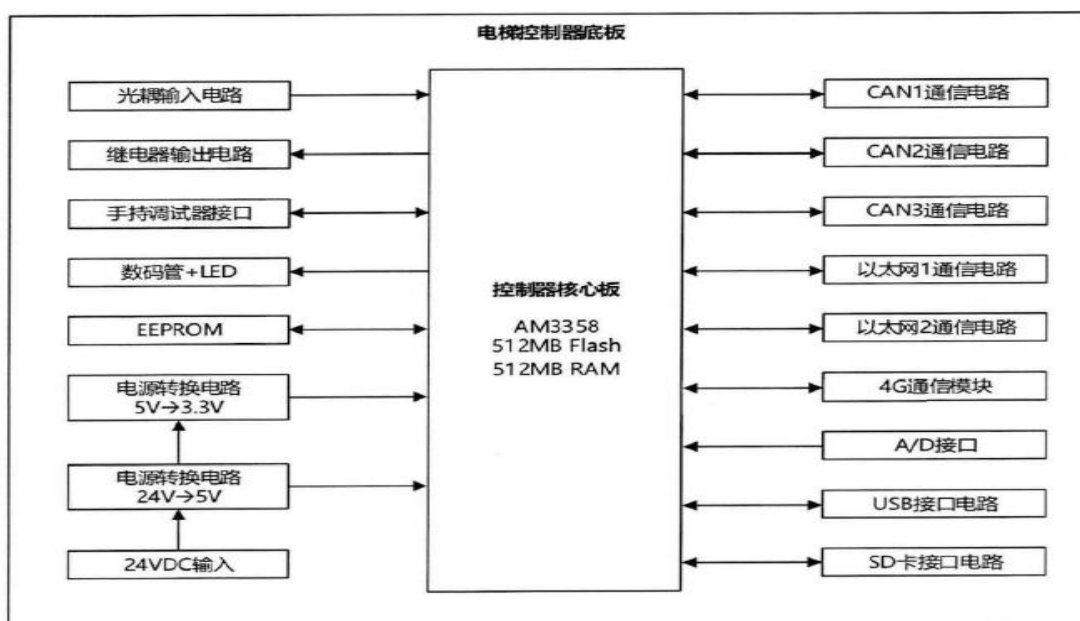


图 2-1 是智能电梯控制器的硬件结构图

(二) 电梯控制器的原理设计

1、输入输出电路设计

电梯系统中所有的安全信号都将接入电梯控制器，例如检修信号、安全回信号、门区信号等。为了保证信号的可靠性，采用了光耦隔离电路对数字信号进行采集。输入电路原理图如图 2-2 所示。

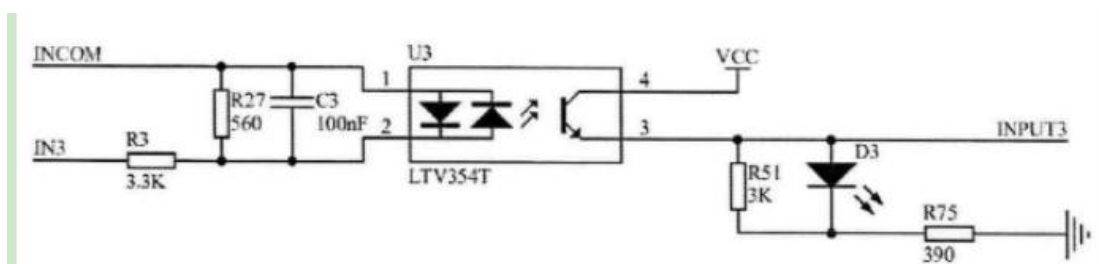


图 2-2 输入电路原理图

在图 2-2 中, IN3 是电梯控制器输入接口 Xin3 的数字信号, INCOM 信号连接着输入公共端。R3 和 R27 构成分压电路, 假设输入端电压为 24V, 那么 R27 两端电压为 $V_{e27}=(24*560)/(560+3300)=3.48V$ 。U3 是一款双向光耦, 其正向压降 VF 的典型值为 1.2V, 根据设计电路可知, 当外部信号电压高于 9V 时, 光耦就可以正常输出信号, 因此该电路可以满足 12V~24V 之间的输入信号。光耦的输出信号 NPUT3 连接到核心处理器。电容 C3 起滤波电容的作用, 滤掉输入端的抖动信号, 这里取值为 100nF。R51 是一个限流电阻, D3 为发光二极管。

2、以太网通信电路设计

以太网作为目前应用最为广泛的局域网通信技术, 在工业控制领域得到了越来越多的应用, 并已经成为了一种必不可少的通信方式。从硬件的角度看, 以太网接口电路主要由物理层接口芯片、变压器及 RJ45 网口组成。在目前应用中, 变压器和 RJ45 网口通常集成于一个模块内 44。图 2-3 为以太网接口应用原理图。

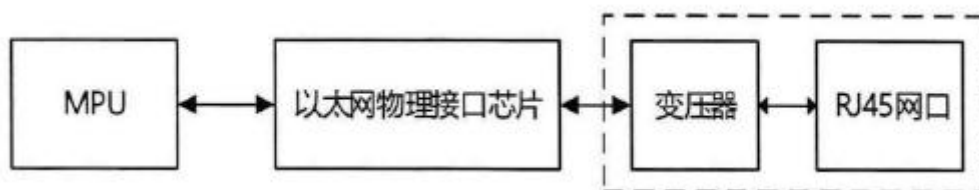


图 2-3 为以太网接口应用原理图

在电梯控制底板上使用了 AR8035 作为以太网物理接口芯片, HY911130A 作为网络连接模块, 该模块集成了网口变压器和 RJ45 接口。AR8035 是高通第四代, 单端口 10/100/1000Mbps 三速以太网物理芯片, 它支持 RGMII 与 MAC 的接口。

3、控制器核心板

由于核心处理器 AM3358 与 RAM 和 NANDFLASH 的连接线都是高频信号线, 核心板的硬件需要设计为 8 层板。而 8 层 PCB 的设计时间较长, 制作成本也较高, 为了加快整个系统的开发进度, 在功能设计和验证阶段使用米尔科技公司生产的嵌入式核心板 MYC-C335X 作为电梯控制器核心板, 与控制器底板进行协作开发。

控制器核心板是嵌入式最小系统, 包含了系统启动的基本原件, 除了主芯片 AM3358ZCZD80 处理器, 主要包括容量为 512MB 的 DDR3SDRAM 芯片 MT41K256M8DA 和容量为 512MB 的 NANDFlash 芯片 MT29F4G08ABAEAWP 其余的外设接口通过 2 组间距为 2mm 的双排针引出, 每组排针 60PIN, 包含的外设接口功能为: Ethernet 控制接口, USB2.0 接口、UART 接口、I2C 接口、CAN 通信接口、SPI

接口、ADC 接口、LCD 控制器接口和 GPIO 接口。

（三）0PCB 的详细设计

考虑到电梯控制器底板上的控制模块和处理芯片较多，系统较复杂，且整个核心控制器的管脚接口有 120 个，为了整个控制器的信号和电源的完整性,本文设计的电梯控制器底板采用 4 层 PCB 设计。

根据本设计中 PCB 设计布线的技术要求，将线宽最小值设为 6mil,最大值设为 100mil,默认值为 10mil.为了防止 PCB 板上元器件之间距离过近而造成硬件问题，需要设定导线间距的规则,根据 PCB 导线间距参考标准 IPC-2221,15V 以下导线间距最小不可低于 4mil,本设计将导线最小间距设置为 6mil,满足标准设计要求，同时也满足了生产工艺的要求。

为了使电梯控制器底板能够兼容原先的固定孔位和安装位置，尺寸定为 185mm*180mm。定义完整个控制器底板 PCB 的大小、层数、布线规则后开始 PCB 布线,先将所有的元器件布局，按照原理图中的电路功能块进行摆放，然后进行布线。完成顶层和底层的布线后，将电源层和接地层进行覆铜形式布线。

三、智能电梯控制器系统软件设计

（一）Linux 内核移植

1、Linux 内核的结构

Linux 的内核由这几个模块组成:进程调度、内存管理功能、虚拟文件系统、网络协议、进程间通信。各个模块功能如下:

进程调度是通过内核中的调度机制来控制不同进程的运行顺序，Linux 系统主要使用的调度算法为多级轮转算法,根据进程的实时性将其分为不同的优先级,再按照优先级进行进程的调度。内存管理的功能是将统一个内存区域安全的共享给多个进程使用,主要分为内核空间的内存管理和用户空间的内存管理,但运行的程序占用的数据空间超过实际内存空间是，系统将分配虚拟内存。

虚拟文件系统主要功能是将 Linux 系统中不同格式的文件进行统一，而实现对跨文件的操作。网络协议模块是支持网络标准协议的功能。进程间通信功能主要为了实现系统的进程切换,当系统切换不同的进程运行时，需要通过进程间的通信使每个进程的运行状态发生相应的改变,以实现系统的正常运行。

2、Linux 内核的优化

本文所使用的系统内核是核心板生产商针对该 AM335X 开发板设计的内核,但并不能完全适用于本文所设计的电梯控制器。而整个嵌入式内核比较庞大,内核源码共有数百兆之多,其中大部分的功能不会被使用到。为了减小内核体积、缩短系统。

(1)系统的裁剪

从系统的目录中可以看到,内核文件包含了处理器所支持的所有硬件模块,而本系统只需保留电梯控制器使用的模块软件,将不需要使用的相关模块函数屏蔽掉,这样有效地减小了内核体积,操作如下:

```
#ifndefECM_Board
voidomap_init_camera(void);
voidomap_init_audio(void);
intam33xx_register_lcd(structda8xx_lcd_platform_data*pdata);
....
#endif
```

(2)系统启动时间优化

为了加快系统内核的启动时间,将启动过程中的串口控制台输出关闭,这些数据是关于系统启动的调试信息,在正式的产品中并不需要。

具体操作为打开 kernel/printk.c,并在函数 callconsole__drivers0 中注释控制打印输出的部分代码。

(3)添加实时补丁

为了提高系统实时性,将增加实时补丁 RT-Preempt。在其官网下载内核版本对应的补丁包 patch-2.6.35-rt31.bz2,将解压放入内核根目录文件夹内,将其与系统一起编译。

跟系统配置相关的主要是 arch 和 drivers 目录,其他部分相关的还有 include、block、mm、net、lib 等目录。为了便于移植,系统内核提供了一种体系来简化内核配置, Linuxkernel 的配置体系有三部分构成:

Makefile:分布在 Linux 内核源代码根目录及各层目录中,定义 Linuxkernel 的编译规则,依据 config 中定义的配置方式确定目录中的文件以何种方式编译进 kernel。

Kofg:配置选项的文件,各个子目录下的 Koe 是用于定义子目录响应硬件的功

能配置。

置工具:通过对配置工具逸项进行配置后生成配置文件 `concom` 文件决定 `Konfng` 中的配置项是否编译进入 `kemel`。

(二) 电梯逻辑控制功能设计

1、电梯逻辑控制功能的流程设计

根据电梯的功能需求和标准定义将电梯运行模式设计为八个控制模式，分别为自动运行模式、司机模式、锁梯模式、专用模式、消防返回模式、消防员模式、应急平层模式和检修模式。

电梯逻辑控制软件将每个控制模式定义为一个状态机,根据不同的触发条件,电梯控制模式也会进行不同的切换。表 3-1 给出了电梯逻辑控制软件中不同控制模式的触发条件、优先级和状态机名称。

控制模式	触发条件	优先级	状态机
自动运行模式	无	8	State_Auto
司机模式	司机开关	7	StateAttend
专用模式	专用开关	6	State_Ind
锁梯模式	锁梯开关	5	State_Park
消防返回模式	消防返回开关	4	State_FireReturn
消防员模式	消防员开关	3	State_FireMan
应急平层模式	应急平层信号	2	State_POff
检修模式	检修模式	优先级	State_Ins

2、电梯逻辑控制功能的流程设计

根据电梯逻辑控制功能的设计,定义了逻辑控制功能的软件函数和相关参数。控制软件根据每个运行模式的处理逻辑设计了对应的功能函数,按照电梯不同的状态来切换运行不同的功能函数,实现电梯逻辑功能。表 3-2 列出了逻辑控制的主要函数。其中函数 `LiftRunOper0` 是实现电梯控制模式切换的函数,通过电梯状态获取函数 `GetSysMode()`提供的状态值,将运行逻辑切换至对应的状态函数。

表 3-2 逻辑控制软件相关函数

函数名	功能描述
BOOLGetSysMode (u8SysStatus)	获取当前电梯控制模式
voidAutoModeOper (void)	自动运行模式处理函数
voidAttendModeOper (void)	司机模式处理函数
voidIndModeOper (void)	专用模式处理函数
voidParkModeOper (void)	锁梯模式处理函数
voidFireRtnModeOper (void)	消防返回模式处理函数
voidFireManModeOper (void)	消防员模式处理函数
voidPwrOfModeOper (void)	应急平层模式处理函数
voidInsModeOper (void)	检修模式处理函数
voidReadDrZnOper (void)	获取门区状态
voidAutoRunCond (void)	自动运行条件处理函数
voidAutoFindDrZone (void)	自动运行寻找门区处理函数
voidAutoDrOpn (void)	自动运行开门函数
voidAutoDrCls (void)	自动运行关门函数
voidLiftRunOper (void)	电梯控制模式处理函数
voidSetRunOper (void)	设置电梯运行模式
voidJudgeRunDir (void)	设置电梯运行方向.
BOOLChkDrClosed (void)	获取电梯门锁状态

在电梯逻辑控制软件中,为了实现对软件功能的量化控制,设计了电梯控制软件的参数结构体 ElvCtrlPara,该结构体包含了逻辑控制软件的相关参数:电梯预设楼层参数、锁梯基站楼层参数、消防基站楼层等。而为了防止断电丢失参数的数据,这些参数将保存于 EEPROM 中,并且在参数结构体的最后定义了一个校验值,用于存放除它之外所有参数成员的累加校验和,在每次上电读参数结构体后进行校验,就可以保证所有参数值的正确性。

(三) 速度控制功能设计

1、速度控制功能的流程设计

电梯速度控制软件首先要对速度参数进行初始化,初始化的变量包括速度变

量、位置信号以及变频器信号。完成初始化后根据控制模式进入对应的速度控制流程中。本文自动运行模式为例，当电梯进入自动运行模式后，系统检测到指令信号时，电梯将发出运行命令给变频器，电梯满足启动条件后，电梯松开抱闸，输出运行曲线，同时检测剩余的距离，使电梯能够按照给定曲线速度运行到目的楼层。电梯在自动运行模式时的速度控制流程图如图 3-3 所示。

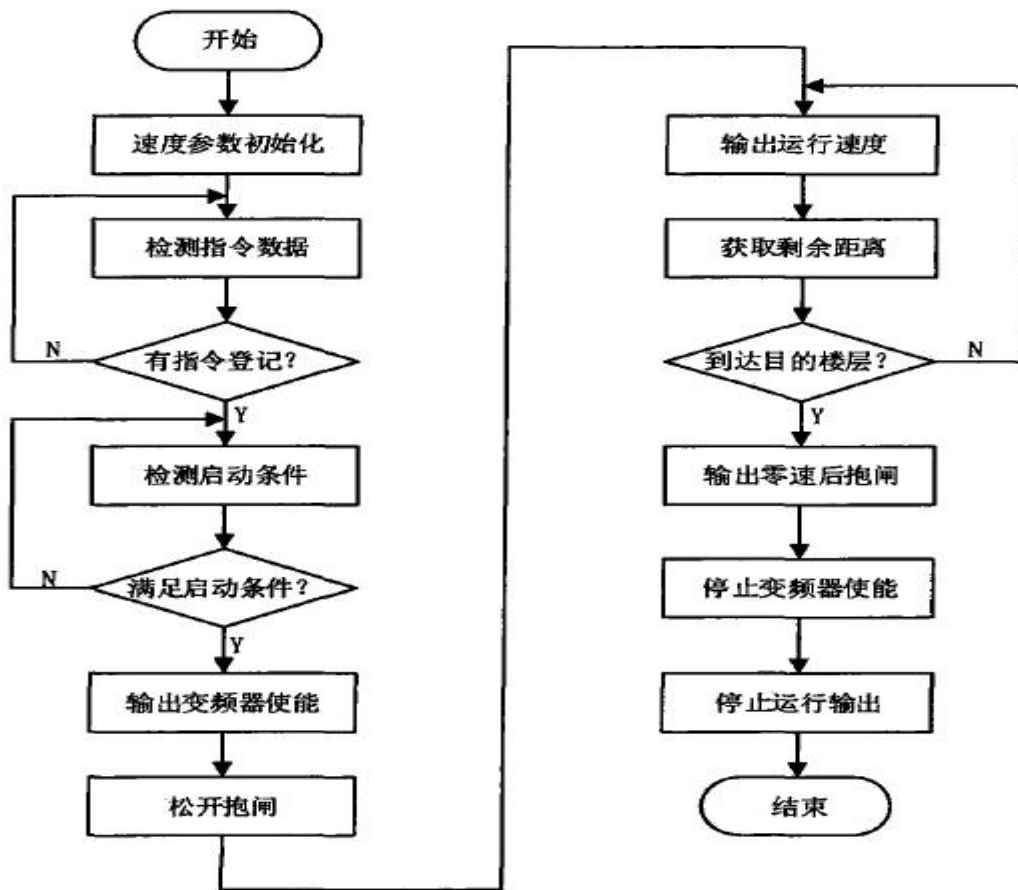


图 3-3 电梯在自动运行模式时的速度控制流程图

电梯运行速度输出是一个实时计算的过程,电梯控制软件在输出速度的同时也会实时对比当前减速距离和实际剩余距离,以此设定当前的速度运行模式。速度运行模式主要分为加速段、匀速段和减速段,结合之前的计算公式可以给出当前的运行速度。最后将速度给定量通过通讯协议发送给变频器,实现电梯速度的输出控制。

2、速度控制功能的软件设计

根据电梯速度控制功能的设计,定义了速度控制功能的软件函数和相关参数。控制系统将根据不同的模式来切换不同的速度计算功能函数,并根据当前的运行阶

段，通过速度曲线计算函数输出实时的运行速度。表 3-4 列出了速度控制的主要函数。其中函数 CurveCalc0 是计算运行速度的功能函数,它将通过电梯速度不同的运行模式来计算当前的速度输出值。根据之前对电梯速度曲线的分析，速度控制软件将电梯的速度模式分为加速控制、减速控制、匀速控制三个模式，然后按照速度曲线的推导公式实现软件的设计。

表 3-4 速度控制软件相关函数	
函数名	功能描述
voidSpeedParalnit(void)	速度参数初始化
BOOLGetSysRunStatus(void)	获取系统运行状态
u8GetSpdMode(void)	获取速度控制模式
voidSetSpdMode(u8spdmod)	设置速度控制模式
s32CurveCalc(u8spdmod)	计算运行速度曲线
voidCurveOut(s32speed)	输出运行速度曲线
u32CalcDecDistance(void)	计算至目的层的剩余距离
u32GetCurDecDistance(void)	获取至目的层的剩余距离
voidInvCmdSet(u8cmd)	设置变频器运行命令
voidBrakeOpen(void)	抱闸打开函数
voidBrakeClose(void)	抱闸关闭函数
voidSetSysRunStatus(u8litstat,BOOLstat)	设置系统运行状态

四、成果

本文通过对电梯控制技术的需求分析，对电梯控制器进行了深入研究，从硬件和软件两个层面设计了一种智能电梯控制系统，并提出了电梯控制系统的整体架构。通过对电梯控制器硬件接口的需求分析，以及对嵌入式硬件平台的研究，设计了电梯控制器的硬件电路。了关于智能电梯控制系统的研究，设计了一套基于 Linux 系统的智能电梯控制系统，并验证了该系统的主要功能模块。由于开发和测试的时间仓促，整个控制系统还是有许多细节有待进一步优化。

参考文献

- [1]沈科.基于物联网技术的电梯远程监控应用探讨[J].信息与电脑,2019,(06):172-174.
- [2]修志杰,潘洋,邹海涛.图像识别技术在电梯超载保护装置检验中的应用研究[J].中国新技术新产品,2019,(10):22-23.
- [3]赵亮.现代程控电梯的智能化发展探讨[J].南方农机,2018.10,(19):185-186.

- [4]刘子金,张淼.中国电梯行业的技术发展与趋势[J].建筑科学,2018,(09):110-118.
- [5]罗建,姜玲.智能电梯控制系统优化设计[J].科学咨询,2018,0(1):45-47.
- [6]杭万里,张荣.嵌入式设备远程升级方案设计[J].电子设计工程,2018,07(14):167-171.
- [7]王丽园.面向大数据的电梯工况智能分析系统的设计与实现[D].硕士学位论文,北京:北京邮电大学,2019.
- [8]徐小锋.基于物联网的电梯安全远程监测系统研究[D].硕士学位论文,杭州,浙江大学,2019.

致谢

在极短的时间内，我能成功的将此毕业设计做出，这要归功于学院老师们的无私的帮助，悉心的教导。老师们治学严谨、经验丰富，以及孜孜不倦、严谨细致的科研态度，更令我受益非浅。为我的毕业设计得以完成起了关键的作用，在此表示深深地谢意。

