



Research on Modeling and Simulation of Virtual Elevator System Based on TIA Portal

Xingzhi Xu

School of Mechanical and Control Engineering, Guilin University of Technology, Guilin, China

Email: 414246895@qq.com

How to cite this paper: Xu, X.Z. (2024) Research on Modeling and Simulation of Virtual Elevator System Based on TIA Portal. *Open Access Library Journal*, 11: e12328. <https://doi.org/10.4236/oalib.1112328>

Received: September 18, 2024

Accepted: October 18, 2024

Published: October 21, 2024

Copyright © 2024 by author(s) and Open Access Library Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This paper investigates the simulation technology of a virtual elevator system that is close to reality. By building a virtual HMI elevator model and completing the modular design according to the elevator control functions, the software design of the elevator system is completed using TIA Portal V17 software, and functional testing is carried out to prove the feasibility of the virtual elevator test system. The system uses the Siemens S7-1200 PLC as the control core, employs virtual HMI buttons and I/O field control components to simulate data input, and designs and builds the elevator operation interface. The S7-PLCSIM simulation software is used for simulation configuration, and finally, the elevator operation system is simulated and monitored on the HMI. Through simulation testing and analysis, the virtual elevator control system can fully simulate the actual elevator and can achieve the simulation of real elevator operation control.

Subject Areas

Automation

Keywords

S7-1200 PLC, S7-PLCSIM, TIA Portal V17, Simulation Testing

1. 引言

虚拟仿真技术是指利用计算机软件和硬件创建虚拟环境，并在其中对现实世界中的物理系统进行模拟、仿真和测试的一种技术。虚拟仿真又称模拟技术，可以理解为虚拟环境对真实系统进行模仿的技术，虚拟仿真环境在计算机中进行映射[1]。虚拟仿真技术有三个突出的特征：沉浸感、交互感和构想性[2]。在虚拟环境中，可以建立高度精细的物理模型、运动学模型和控制

系统模型，利用各种仿真算法和工具进行仿真和分析。虚拟仿真技术是一个综合性的技术体系，其包含了计算机软硬件、传感器技术、立体显示技术等多种技术手段，并且随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展，也涉及到了分布式计算、大数据、人工智能等新兴技术[3]。它利用计算机和其他设备对系统的理论知识进行建模，并通过动态模拟实验来对系统进行测试和验证[4]。

国内在虚拟仿真技术方面较为落后，和一些国家相比有一段距离，但在国内已得到业内相关人士的关注与重视[5]。北京航空航天大学计算机系发展了分布式虚拟环境技术，建立了适用于飞行员训练的高效虚拟现实系统。该系统在视觉接口方面采用自主研发的硬件设备，并配上相关算法及实现方式，能够有效优化虚拟现实体验和使用效果，是国内最早进行研究虚拟仿真技术、最有权威的单位之一[6]。浙江大学开发出了能够实时漫游虚拟建筑环境的系统，该系统采用三维仿真技术，能够提供逼真的虚拟现实体验[7]。《国家中长期科学和技术发展规划纲要》把虚拟仿真技术列为三大信息技术之一，并提出多个领域将着重研究虚拟仿真技术和系统，包括医学、娱乐、艺术与教育、军事和工业制造管理等[8]-[13]。

虚拟仿真技术是一项在国外具有较早发展历史的技术，现在已经涌现出大批商业仿真软件并投入市场运用。比如美国 Delmia 公司开发的 QUEST 仿真软件，可以建立虚拟产线来进行仿真实验，通过优化配置参数来得到最佳的设计方案[14]；FlexSim 是一款可以在 Windows 操作系统下进行对象仿真的软件。它集成了 C++ 和 HIDE 编译器，使模型的定义变得更加灵活多样[15]；FACTORY IO 是一种针对生产系统教学领域设计的仿真软件，其部件库集成了典型的工业设备，包括传感器、传送带、仓库和加工中心等柔性设备。在其上可以自由选择这些设备并进行组合排列来模拟不同的生产线场景[16]。

虚拟电梯控制系统是在计算机上通过软件来模拟实际电梯运行系统，不需要太大的硬件支持，是非常方便的测试系统。该系统包括控制程序编写、虚拟 HMI 电梯模型搭建以及对电梯运行系统模拟仿真。控制程序编写，是一种计算机软件开发技术，旨在实现电梯的自动化控制。该程序通常由两部分组成：控制器和用户界面(即轿厢内和各层按钮)。控制器负责接收电梯的运行状态和各层的请求命令，并根据算法决定电梯的运行方向和目标楼层。用户界面则提供给用户一个方便的界面，以便他们可以轻松地选择楼层。

2. 虚拟HMI电梯模型搭建

2.1. 虚拟控制器结构及设置

虚拟电梯的 PLC 控制系统主要由内外呼信号控制系统和轿厢和门电机牵引系统组成，系统结构图如图 1 所示。各层外呼控制信号通过输入采样寄存器存在输入映像寄存器中，根据控制程序需要读取并在 CPU 中进行逻辑运算处理，再将结果存入输出映像寄存器，每个周期进行输出刷新，驱动外部执行机构，即分别向楼层显示、内外呼叫信号灯、运行方向信号灯发出显示信号，向门机发出开关门控制信号，从而实现电梯运行状态的控制。输入/输出接口

电路通过光电隔离和滤波把 PLC 和外部电路隔离, 因此 PLC 具有很强的抗干扰能力, 无故障运行率可达 4~5 万小时, 远远超过继电器控制系统和计算机控制系统。而且控制逻辑由程序实现, 减少了系统中继电器的使用数量, 减少了控制柜的体积, 增强了系统的灵活性、可扩展性和可靠性。

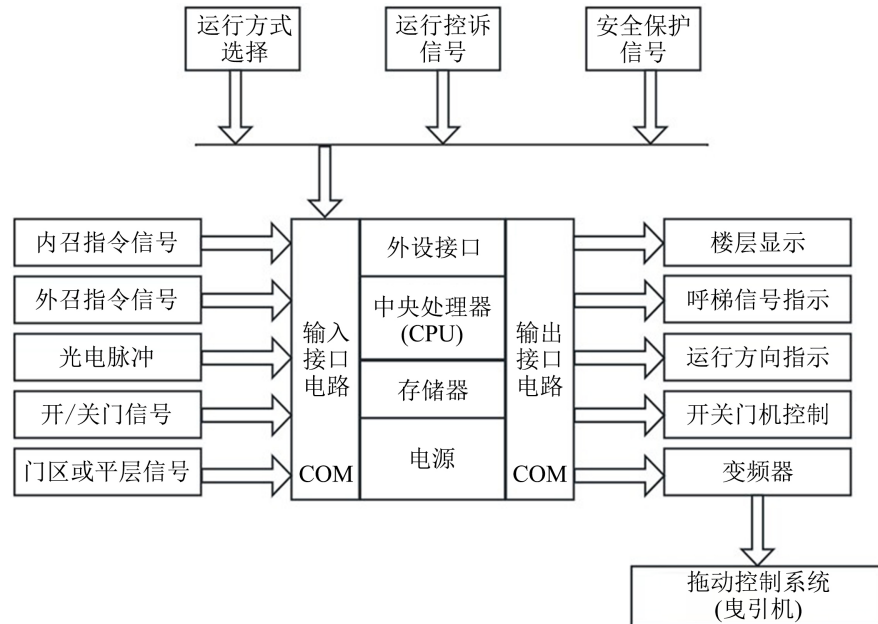


Figure 1. Structure diagram of virtual elevator PLC control system
图 1. 虚拟电梯 PLC 控制系统结构图

虚拟控制器是一款基于软件模拟技术的 PLC 仿真软件, 用户可以将其安装在计算机上进行 PLC 编程、仿真和调试等工作。以下是博途虚拟控制器的设置步骤:

第一步: 确认计算机系统要求, 首先确保计算机系统符合博途虚拟控制器的硬件要求, 包括操作系统版本、CPU 和内存大小等。

第二步: 安装软件, 下载并双击运行博途虚拟控制器的安装程序, 按照提示完成安装过程。安装完成后, 会在开始菜单或桌面生成相应的启动图标。

第三步: 设置 PLC 参数, 在启动博途虚拟控制器后, 需设置 PLC 的型号、IP 地址、通讯口等参数, 以便后续进行 PLC 编程和仿真。这些参数可以在“控制器属性”窗口中进行设置。

第四步: 创建项目, 在博途虚拟控制器中创建新的 PLC 项目, 并选择相应的 PLC 型号。接着, 在项目中添加需要使用的硬件模块和对应的输入输出点。

第五步: 编写程序, 在博途虚拟控制器中编写 PLC 程序, 根据实际控制需求选择不同的指令和函数模块, 通过梯形图或 FBD 等方式完成程序设计。

第六步: 进行仿真, 编写完成后, 启动仿真模式进行 PLC 程序的仿真和调试。可以通过监控输入输出变量、查看程序运行状态等方式, 检验程序的正确性和稳定性。

2.2. 虚拟 HMI 添加

在 TIA Portal V17 的项目视图面板，双击如图 2 所示的添加新设备，里面存放有 TIA Portal V17 自带的虚拟控制器、HMI 等与实际型号以及功能相一致的虚拟器件，可以自由选择测试的型号。

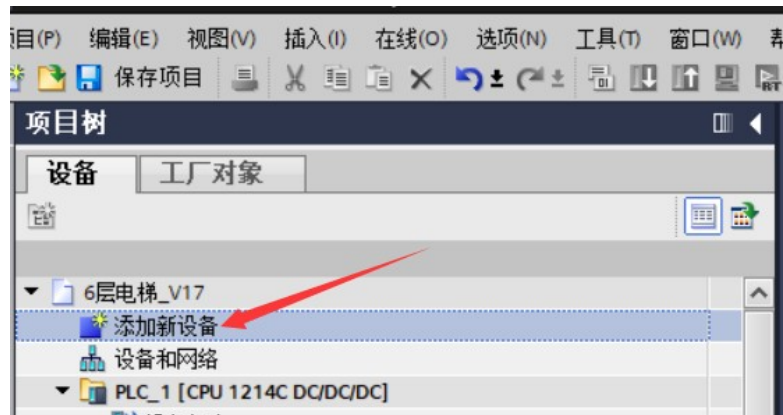


Figure 2. Adding equipment

图 2. 添加设备

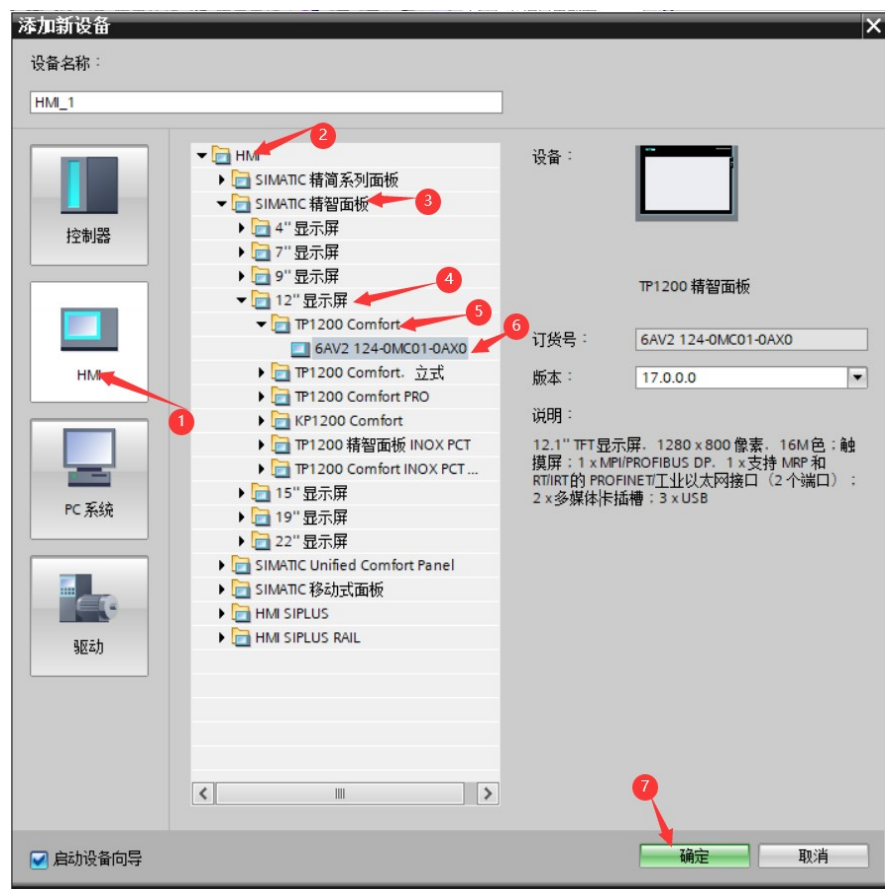


Figure 3. Selecting virtual HMI model

图 3. 选择虚拟 HMI 型号

然后如图 3 进行操作，第 1 步先点击 HMI，然后第 2 步在中间栏选择 HMI，然后第 3 步选择 SIMATIC 精致面板，之后第 4 步进行尺寸的选择，本课题仿真所选择的是 12 寸；第 5 步选择 TP1200Comfort；第 6 步选择精智 HMI 面板的订货号。虚拟电梯控制系统要应用于实际控制时应在第 6 步选择相对应的订货号。

虚拟 HMI 具有以下优点：

- 1) 灵活性：虚拟 HMI 不受硬件限制，可以根据需要进行调整和修改，而且可以通过网络访问，方便远程管理和维护。
- 2) 易于定制：虚拟 HMI 可以轻易地自定义布局、图标、颜色等，使其更加符合用户需求，提高用户体验和可用性。
- 3) 节省成本：使用虚拟 HMI 可以避免传统物理接口的昂贵硬件、维护成本和空间占用问题，适用于节约成本的场景。
- 4) 实时性好：虚拟 HMI 可以与实时数据源直接连接，实行即时的数据交互，并且可以方便地修改和更新操作界面。
- 5) 交互性强：虚拟 HMI 具有反应迅速、易于交互的特点，使它成为一个通用的可视化操作界面，可以用于多种应用场景。

2.3. 电梯模型建立

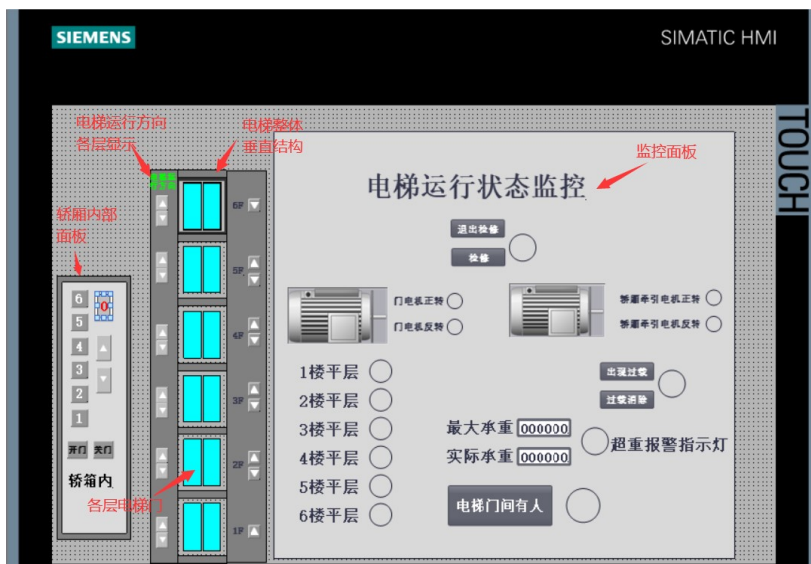


Figure 4. HMI interface of the elevator system

图 4. 电梯系统的 HMI 画面

在虚拟 HMI 界面进行电梯系统模型中的创建如图 4 所示。包含有轿厢内外呼叫按键面板，电梯上下运行演示以及电梯运行状态监控面板。故障模拟发生触发信号报警以及检修按钮功能。整体电梯六层结构的设计，是由多个方形或大或小来组成的，位于左边的是各层对于当前电梯运行方向的显示，便于各层打算乘坐电梯的人能清晰地知道当前电梯正处于上升或者下降状态；位于中间的浅蓝色的方形模拟的是轿厢以及各层的电梯门，通过设计两

个方形水平移动来模拟电梯门的开合状态，代表轿厢的方形垂直方向的移动来模拟电梯上下运行；位于电梯门右边的是各层的上下呼叫按钮，第 1 层与第 6 层只有一种情况。电梯状态监控面板创建，里面包含有各层平层到位指示灯、电梯门电机正反转、牵引电机正反转监控指示灯、夹人和超重状况模拟、过载状况模拟以及检修状况。指示灯是利用圆形图案的颜色变化来模拟。

3. 仿真系统设计

3.1. 系统功能要求及配置

虚拟电梯系统实际上是一个人机交互的控制系统，利用西门子 TIA Portal V17 编程软件对电梯运行的要求进行模块化编程，再通过 TIA Portal V17 里的虚拟 HMI 对电梯运行系统模型的创建以及进行模拟仿真。系统要求总流程图如图 5 所示。

虚拟电梯的 PLC 控制系统与实际电梯的 PLC 控制系统类似，都是由 PLC 主控板、输入输出模块、驱动器等组成。在虚拟电梯的 PLC 控制系统中，PLC 主控板是控制电梯运行的核心，它接收来自输入输出模块的信号，根据程序进行逻辑判断，并输出控制信号控制电梯的运行。输入输出模块则负责将电梯各个部位的状态转换成电信号输入到 PLC 主控板中，同时将 PLC 主控板的输出信号转换成电信号输出到驱动器中控制电梯的电机和开关等设备运行。驱动器则负责将 PLC 主控板输出的电信号转换成机械运动，驱动电梯的各个部位进行运动。

3.2. 电梯门控制程序

电梯门是电梯门和轿厢门的统称，轿厢门由电机拖动，层电梯门为轿厢门带动的被动门，当轿厢到达平层停车后自动开门，开门设有延时，若无人进入则自动关门；若关门过程中，有人按下开门按钮或是电梯门闭合之间有人或者物品遮挡则自动转为开门状态；门全部关闭后，轿厢才可以运行。PLC 对输入信号进行分析并按程序进行逻辑运算后，将结果送给变频器，由变频器控制曳引机的电动机加、减速和正、反转，由此实现电梯的上、下行，调节起停过程的舒适度。层门与轿厢门的开合由一台电机正反转控制，轿厢升降由另一台电机的正反转控制。电梯的开关门信号控制流程图如图 6 所示。

当电梯轿厢到达目标楼层时，在每一层都设有上、下传感器，当轿厢顶部到达每层的上传感器，底部与下传感器接触会平层停车，然后再执行开门程序。因为做的是电梯仿真，所以将显示当中的平层传感器用电梯轿厢的坐标位置来代替。其控制流程图如图 7 所示。

3.3. 轿厢运行方向控制程序

每一层电梯门外都设有上/下按钮，电梯轿厢内设置有楼层选择按钮以及开关门按钮，每个按钮都有对应的指示灯。每一层外呼按钮和轿厢内呼按钮有呼叫时，轿厢当前位置会和目标楼层位置比较来决定运行的方向。到达目标楼层后，之前按下的按钮命令会被消除。其控制流程图如图 8 所示。

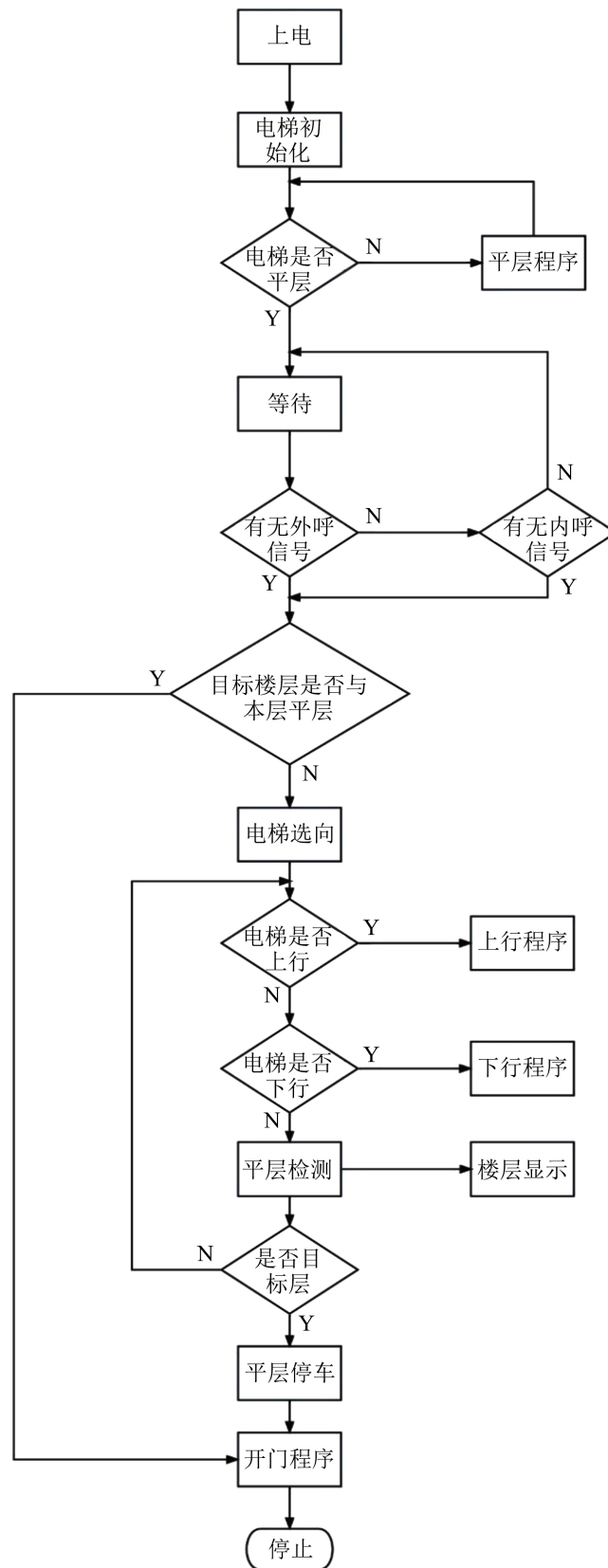


Figure 5. Overall flowchart of the elevator control program

图 5. 电梯控制程序总流程图

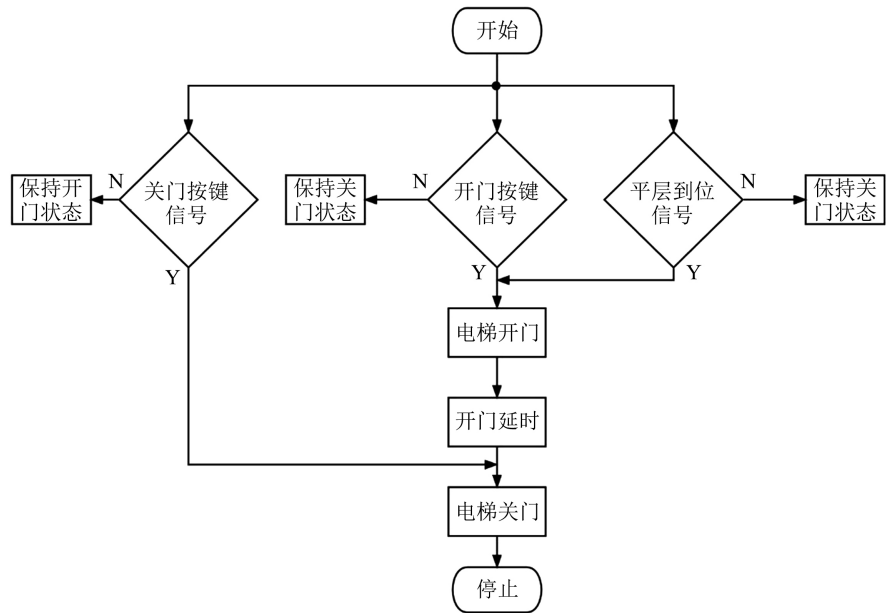


Figure 6. Door opening and closing control flowchart
图 6. 开关门控制流程图

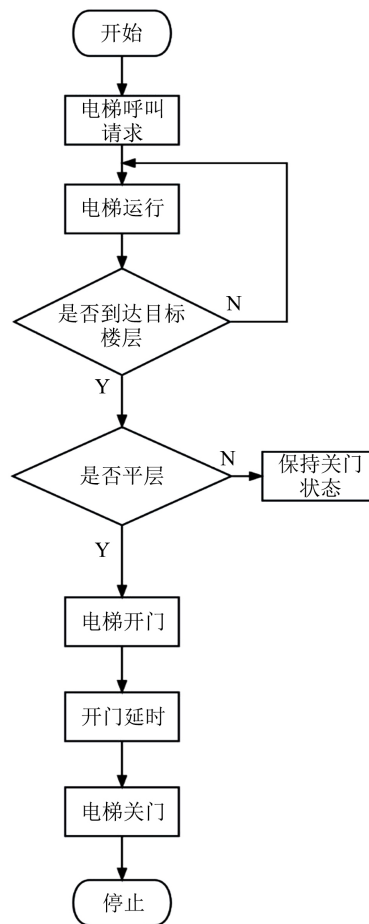


Figure 7. Leveling control flowchart
图 7. 平层到位控制流程图

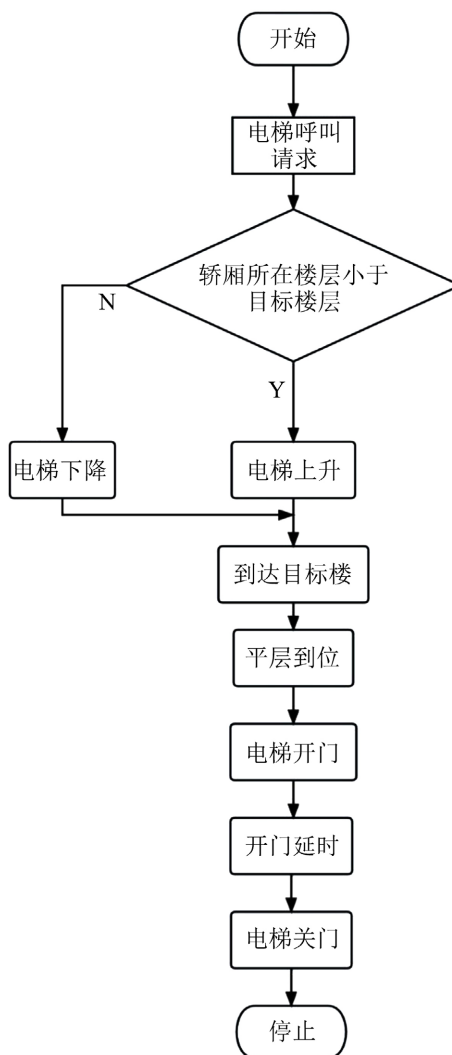


Figure 8. Running direction control flowchart

图 8. 运行方向控制流程图

3.4. 夹人超重报警控制程序

门两边设置的红外光栅的方式进行防护，一个光栅发出红外线，另一个光栅来接收红外线，在微控制单元的控制下，两侧的光栅有序工作，连续扫描电梯轿门区域，形成一个密集的红红外线保护光幕。当轿厢门闭合时中间有人或者物体时，接收光栅接收不到红外线时，会触发夹人警报，轿厢门与层门会转变为打开状态，直至接收光栅接收到另一个光栅发出的红外线时，关门程序才会响应。由于是做仿真，不能模拟出两个光栅之间的工作，所以就用一个按钮来模拟夹人或者物体的状态。其控制流程图如图 9 所示。

电梯底部或曳引钢丝绳绳头位置装有微动开关或是称重装置，其信号传送给主板使电梯不关门并发出声光报警来控制电梯里面的载重量。当轿厢超重时，轿厢门与层门将保持打开，轿厢不执行上升与下降操作。由于模拟仿真做不到实际，所以在 HMI 界面上用两个 I/O 域来模拟，一个设置轿厢最大承重，一个设置为轿厢实际承重。其控制流程图如图 10 所示。

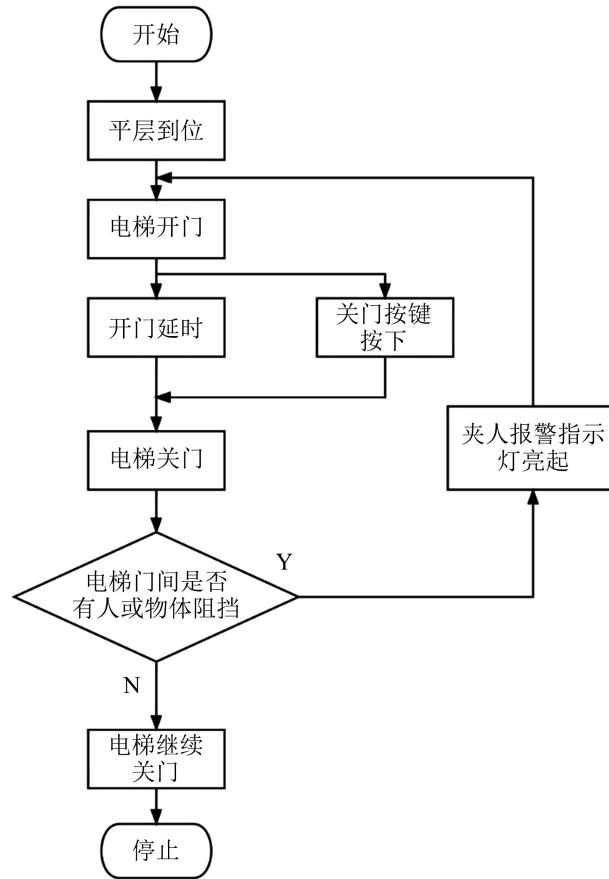


Figure 9. Person trapping control flowchart
图 9. 夹人控制流程图

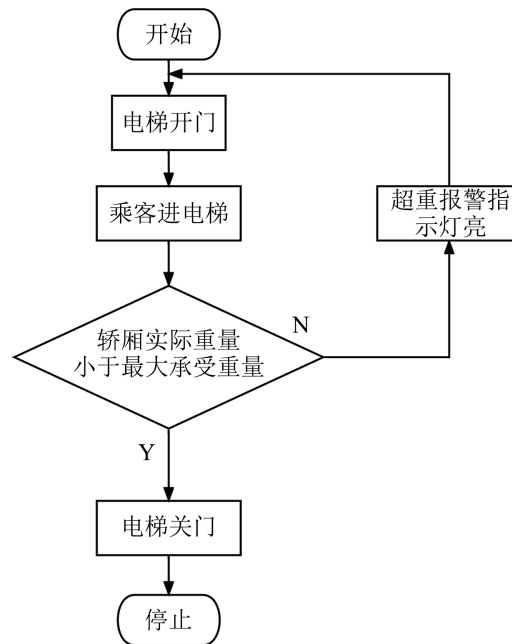


Figure 10. Overweight control flowchart
图 10. 超重控制流程图

4. 系统测试

4.1. 内外呼叫响应测试

轿厢外部呼叫的测试数据如表 1 所示，对 4 楼外部上呼按键信号进行模拟，当 4 楼上呼按键按下时，系统会比较轿厢当前所在位置以及接收信号的位置来决定运行方向，此时的电梯运行方向为上升，轿厢上升牵引电机为正转状态。

Table 1. External call test data

表 1. 外部呼叫测试数据

外呼命令	信号有/无	轿厢当前位置	轿厢目标位置	电梯运行方向	牵引电机正转/反转
1 楼上呼	无	1 楼	4 楼	上升	正转
2 楼上呼	无	1 楼	4 楼	上升	正转
2 楼下呼	无	1 楼	4 楼	上升	正转
3 楼上呼	无	1 楼	4 楼	上升	正转
3 楼下呼	无	1 楼	4 楼	上升	正转
4 楼上呼	有	1 楼	4 楼	上升	正转
4 楼下呼	无	1 楼	4 楼	上升	正转
5 楼上呼	无	1 楼	4 楼	上升	正转
5 楼下呼	无	1 楼	4 楼	上升	正转
6 楼下呼	无	1 楼	4 楼 </td <td>上升</td> <td>正转</td>	上升	正转

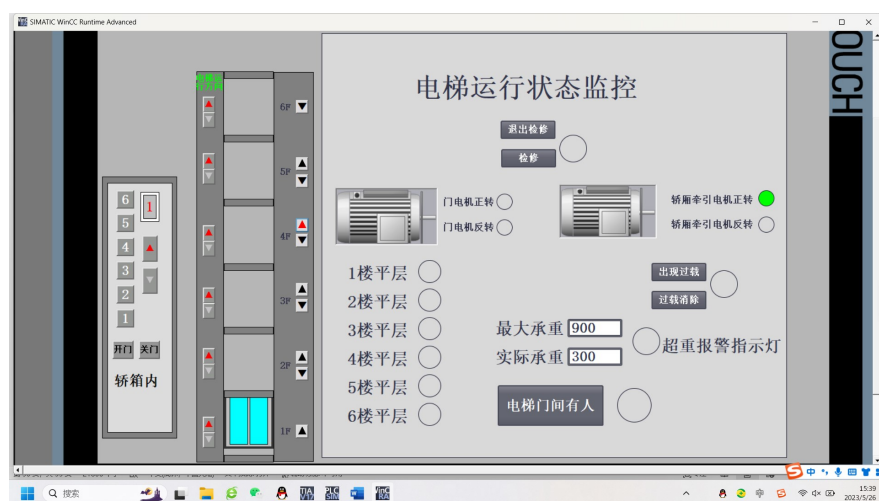


Figure 11. 4th floor up call button pressed

图 11. 4 楼上呼按钮按下

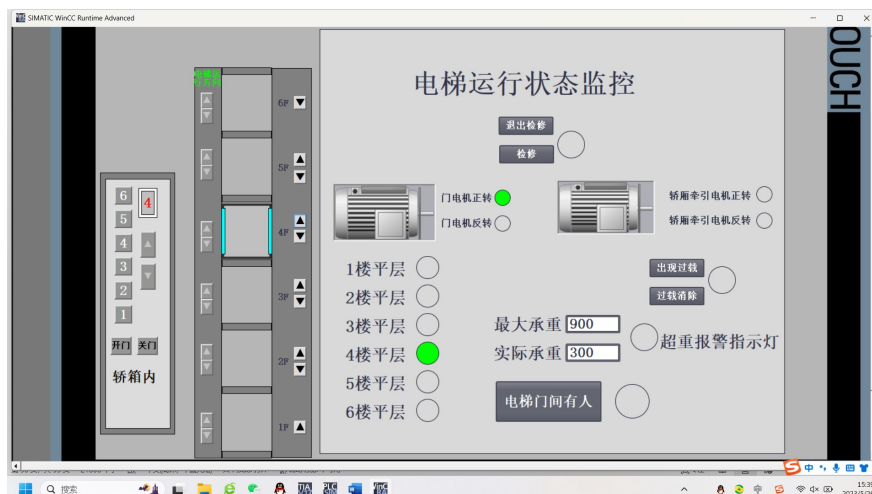


Figure 12. Elevator arrives at destination floor and opens door

图 12. 电梯到达目标楼层开门

当接受到外呼的命令时，其按键相对应的指示灯会亮起，到达目标楼层后轿厢门会打开，其相应的按键指示灯会灭。如图 11 和图 12 所示，以 4 楼上呼指令为例，电梯轿厢停在 1 层，指示灯亮灭以及到位消除呼叫指令。

4.2. 平层到位测试

平层测试数据如表 2 所示。对 3 楼平层到位进行模拟，平层是指电梯轿厢到达目标楼层时，轿厢底部与楼层地板齐平，平层时 3 楼平层指示灯亮，之后再执行电梯开门程序，带动电梯门开门的门电机处于正转状态；当关门时门电机处于反转状态。

Table 2. Leveling test data

表 2. 平层测试数据

楼层	平层信号有/无	门电机正转/反转	平层指示灯亮/灭
1 楼	无	正转	灭
2 楼	无	正转	灭
3 楼	有	正转	亮
4 楼	无	正转	灭
5 楼	无	正转	灭
6 楼	无	正转	灭

电梯内部也设有电梯运行方向的显示，在轿厢内的人可以清晰知道所处的楼层。当接收到内部呼叫时，内呼按钮测试以 1 层有人想要去 6 楼为例，图 13 所示为电梯轿厢在 1 层时有人乘坐电梯，在轿厢内按下 6 层内呼按钮，电梯上升，到达目标楼层 6 楼后电梯开门，6 层内呼指示灯灭。图 14 所示为电梯到达 6 层后电梯开门。平层测试数据如表 2 所示。



Figure 13. Taking the elevator from the 1st floor to the 6th floor

图 13. 从 1 楼乘坐电梯上六楼

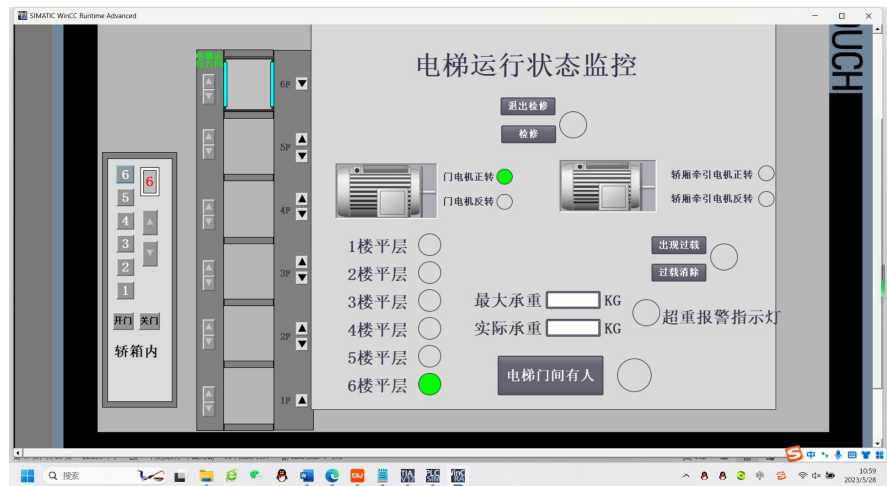


Figure 14. Arriving at the 6th floor, call instruction cancelled

图 14. 达到六楼，呼叫指令消除

4.3. 夹人和超重测试

Table 3. Trapping test data

表 3. 夹人测试数据

信号	信号有/无	门电机正/反转	夹人指示灯亮/灭
开门信号	无	反转	灭
关门信号	有	反转	灭
夹人信号	无	反转	灭
夹人信号	有	正转	亮
开门信号	有	正转	亮
关门信号	无	正转	亮

夹人测试数据如表 3 所示。当没有夹人信号时，电梯门正常开门与关门，门电机正反转状态正常，夹人报警指示灯此时是灭的；当出现夹人信号时，关门信号转变为开门信号，门电机处于正转状态，夹人报警指示灯亮。

在电梯运行状态监控面板可以明确观察到，当电梯轿厢到达目标楼层后，监控面板上的楼层平层指示灯会亮起。如图 15 所示，以 3 楼平层为例。

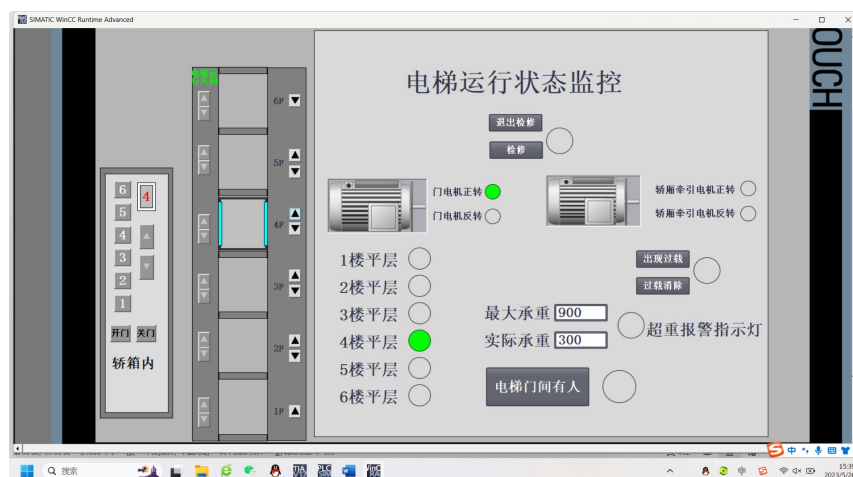


Figure 15. 3rd floor leveling indication

图 15. 3 楼平层指示

5. 结论

本文以虚拟电梯 PLC 控制系统为控制对象，通过了解当前的虚拟仿真技术、电梯控制要求以及原理等，针对目前使用实际电梯模型测试存在的一些问题，设计了适合用于测试的虚拟电梯 PLC 控制系统。系统完成了控制功能要求、软件组态以及运行状态仿真的软件设计，并且对其进行了测试与分析，证实了系统的可行性和可靠性。

1) 对六层虚拟电梯控制系统的功能要求运用 TIA Portal V17 进行程序模块化编程，包含平层停车、轿厢门与层门开合、轿厢上升下降、内外呼控制、定上、下行控制、楼层显示、夹人超重报警、故障检修。针对这些功能要求，设计的程序能准确地对其进行控制。与期望达到的效果相一致。

2) 利用 S7-PLCSIM 对设计的程序进行组态仿真，不需要硬件支持就可以直接调用设计好的程序，并对电梯运行过程进行仿真。通过测试，能成功把程序下载到 S7-1200 上并启动其 CPU 仿真。

3) 创建的虚拟 HMI 电梯模型经过测试之后，可以正常模拟实际电梯系统，达到电梯的控制要求，体现虚拟电梯系统的可视性。

Conflicts of Interest

The author declares no conflicts of interest.

References

- [1] 马清, 蔡娜, 唐传谦. 虚拟仿真技术在大型仪器设备本科教学中的应用探索[J].

- 广东化工, 2022, 49(5): 210-211.
- [2] 李静, 陈诺, 邓泽元, 阮征. 虚拟仿真技术对食品专业改革发展的影响[J]. 教育教学论坛, 2017(23): 120-121.
- [3] 李秋明, 刘志刚. 基于虚拟仿真技术的 PLC 实训平台设计研究[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(16): 62-65.
- [4] 余鹏. 计算机虚拟仿真技术分析及其应用[J]. 现代信息科技, 2019, 3(1): 81-85.
- [5] 王建新, 任有志, 鹿有杰, 等. 机电系统虚实结合实验教学平台设计[J]. 河北工业科技, 2022, 39(6): 417-423.
- [6] 丁荣晖. 虚拟仿真技术在电梯实践教学中的应用研究[J]. 现代职业教育, 2020(17): 212-213.
- [7] 袁嘉伟. 虚拟仿真技术在中职电梯专业教学中的应用[J]. 中国电梯, 2022, 33(2): 69-72.
- [8] 朱杰, 崔永鹏. 虚拟现实技术与新闻行业的关联性研究[J]. 新闻论坛, 2016(5): 7-13.
- [9] 张晓春, 夏双, 周书颖. “虚实结合”的电工学实验教学改革[J]. 科技创新导报, 2018, 15(23): 207-208.
- [10] 李贵, 徐春明, 王兴东, 等. 虚拟仿真技术在机械设计实验教学中的应用实践[J]. 中国现代教育装备, 2021(15): 27-30.
- [11] 李贵, 梁仁杰, 刘耀东, 等. 工业自动化吸盘的类型及应用虚拟仿真实验教学系统研究[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(5): 149-153.
- [12] Dong, S., Yu, F. and Wang, K. (2022) A Virtual Simulation Experiment Platform of Subway Emergency Ventilation System and Study on Its Teaching Effect. *Scientific Reports*, **12**, Article No. 10787. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14968-3>
- [13] Fang, J., Wang, G., Zhang, H., *et al.* (2022) Design and Application of the Virtual Simulation Teaching System for RFID Higher Education. *Advances in Educational Technology and Psychology*, **6**, 61-65.
- [14] 朱红娟. 基于 Factory IO 的 PLC 虚拟仿真控制系统研究[J]. 信息与电脑, 2020, 32(14): 3-5.
- [15] 宋晓阳. 基于虚拟仿真技术的 PLC 实验教学平台研究[J]. 电子测试, 2019(14): 73-75+27.
- [16] Gallegos-Nieto, E., Medellin-Castillo, H.I., *et al.* (2020) Haptic-Enabled Virtual Planning and Assessment of Product Assembly. *Assembly Automation*, **40**, 641-654. <https://doi.org/10.1108/aa-10-2019-0169>

Appendix (Abstract and Keywords in Chinese)

基于 TIA 博途的虚拟电梯系统建模与仿真研究

摘要: 本文研究了接近现实的虚拟电梯系统仿真技术, 通过虚拟 HMI 电梯模型搭建, 根据电梯控制功能完成模块化设计。使用 TIA Portal V17 软件完成了对电梯系统软件方面的设计, 并进行功能测试来证明虚拟电梯测试系统的可行性。系统以西门子 S7-1200PLC 作为控制核心, 运用虚拟 HMI 上的按键、I/O 域控件来模拟数据输入以及电梯运行画面的设计搭建, 通过 S7-PLCSIM 仿真软件来进行仿真组态, 最后在 HMI 上进行电梯运行系统的模拟以及状态监控。通过仿真测试与分析, 虚拟电梯控制系统能够完整的对实际电梯进行模拟, 能够实现真实电梯运行控制的仿真模拟。

关键词: S7-1200PLC, S7-PLCSIM, TIA Portal V17, 仿真测试