

# 基于 STC89C51 的 proteus 洗衣机仿真

王俊尧, 王兆博, 张珈硕, 边廷玥  
(辽宁工程技术大学电子与信息工程学院)

**摘要:** 全自动洗衣机控制器的设计中, 选择了 STC89C52 核心处理单元。这款单片机是一款低功耗、高性能的 CMOS 型 8 位微控制器, 具有操作简便、灵活性高、效率高的特点, 被广泛应用于各种嵌入式系统中。洗衣机的智能化主要体现在预设洗涤程序和自动感知与调整两个方面。智能洗衣机集成了高度智能化的功能, 它预设了多种洗涤程序, 包括轻柔洗、强力洗、快洗等, 用户可以根据衣物的材质、颜色和污渍程度灵活选择, 以实现更加精准的洗涤效果。此外, 借助先进的智能传感器技术, 洗衣机还能自动感知衣物的重量、大小以及脏污程度等关键参数, 并据此智能调整洗涤时间、水位和洗涤剂用量。

**关键词:** 模糊控制算法, 人机交互, proteus 仿真

**中图分类号:** TP368.1

## STC89C51-based simulation of a Proteus washing machine

Wang Junyao, Wang Zhaobo, Zhang Jiashuo, Bian Tingyue

(School of Electronic and Information Engineering, Liaoning Technical University)

**Abstract:** In the design of the fully automatic washing machine controller, STC89C52 core processing unit was chosen. This microcontroller is a low-power, high-performance CMOS-based 8-bit microcontroller, which has the characteristics of easy operation, high flexibility and high efficiency, and is widely used in various embedded systems. The intelligence of the washing machine is mainly reflected in two aspects: preset washing program and automatic perception and adjustment. The smart washing machine integrates highly intelligent functions, it presets a variety of washing programs, including gentle washing, powerful washing, quick washing, etc., and users can flexibly choose according to the material, color and degree of stains of the laundry to achieve more accurate washing results. In addition, thanks to advanced smart sensor technology, the washing machine automatically senses key parameters such as the weight, size and degree of dirt of the laundry, and intelligently adjusts the washing time, water level and detergent usage accordingly.

**Key words:** Fuzzy control algorithms, human-computer interaction, Proteus simulation

## 0 引言

随着消费者对洗衣机操作便捷性和洗涤效果要求的不断提升, 市场对智能化自动化的洗衣设备需求日益增长。用户期望通过这些设备节省时间, 并希望它们能提供更加优化和个性化的洗涤方案以适应不同衣物和污渍程度的需求。

提升洗衣机的智能化水平能够增强用户友好性, 并简化操作流程, 从而为用户带来更轻松、更愉悦的洗衣体验。智能洗衣机利用自学习和自适应功能, 可以根据衣物类型和污渍程度自动调整洗涤程序。在此基础上新增人机交互功能, 使得智能化水平更强, 达到的结论更精准, 对用户的衣服可以有更好地保护。

该洗衣机结合模糊控制算法的智能化优势, 通过传感器实时调整洗涤程序, 旨在实现

---

**作者简介:** 王俊尧(2005), 女, 嵌入式设计

**通信联系人:** 边廷玥, 女, 讲师. E-mail: 764567925@qq.com

最优洗涤效果与资源利用效率。这一设计思路充分反映了科技进步、消费者需求多样化以及可持续发展的时代要求。

微控制器负责管理整个洗衣过程，如水位控制、洗涤周期设置、电机转速调整等功能。同时，通过传感器输入数据和执行器控制各元件，使得整个系统实现复杂的洗衣程序，达到最佳效果<sup>1</sup>。

## 1 硬件设计部分

### 1.1 LCD1602 显示模块

该洗衣机配备了功能丰富的 LCD 屏幕，集成了四个直观易用的界面：选择界面、结论界面、程序运行的可视化界面（即总时间展示界面），以及结束提醒界面。

在启动之初的选择界面上，LCD 清晰地展示了衣物大小、脏污程度、重量及材质等多个关键因素及其对应的可调节档位，让用户能够一目了然地了解并调整洗衣条件。当用户在选择界面做出调整后，结论界面会即时更新，再次确认所选因素，还智能推荐三个优化的洗涤档位作为初始化方案，为用户提供了更加个性化的洗涤建议。该过程中，LCD 屏幕与按键的紧密结合，实现了高效的人机交互体验。

进入程序运行阶段，可视化界面以醒目的方式展示了系统根据衣物特性计算得出的总洗涤时间，并启动倒计时。随着洗涤进程的推进，剩余时间将实时更新，确保用户随时掌握洗涤状态。

在洗涤程序圆满结束时，结束提醒界面优雅呈现，通过 LCD 屏幕向用户传达“洗涤完成”的信息，并伴随着蜂鸣器的提示音，让用户能够迅速知晓并取出洁净的衣物。从而达到在整个洗衣过程中，充分体现洗衣机的智能化、人性化的设计理念。

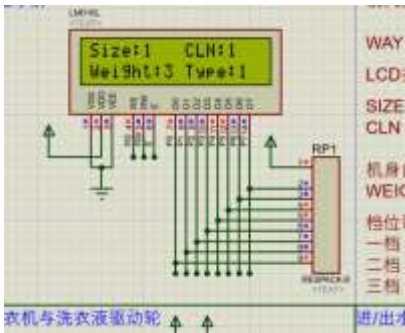


图 1-1 初始数据选择界面

Fig 1-1 Initial data selection screen

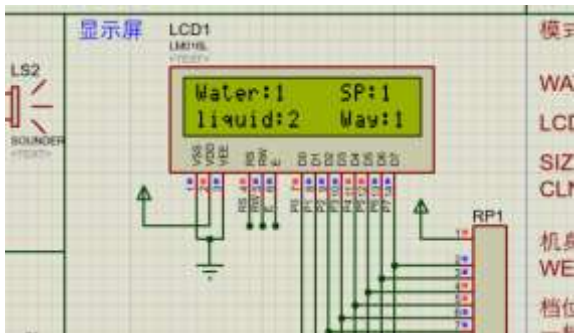


图 1-2 结论界面(复选择界面)

Fig 1-2 Conclusion Screen (Multi-Select Screen)

上图为 LCD 选择界面所示。可以辅助使用人员进行实时参数了解。

### 1.2 电机驱动模块

#### 1.转速控制优化

在洗衣机系统中，采用先进的脉宽调制（PWM）技术实现对电机转速的精细调控，通过精确调节 PWM 信号的占空比，灵活地控制电机的输出功率，进而实现电机转速的连续可调。在本方案中，我们将洗衣机的滚筒转速细分为五档，即 300rpm、400rpm、500rpm、600rpm 及 800rpm，以适配不同的洗涤程序需求，如轻柔洗、标准洗、强力洗等，从而满足不同材质衣物的洗涤要求，提升洗涤效果<sup>2</sup>。

## 2.洗衣液添加量模拟优化

为了模拟洗衣液添加量的精确控制，本设计利用第二个电机通过其转速的变化来实现。将电机的三个不同转速区间分别对应低、中、高三档洗衣液添加量。通过精确控制电机的转速，可以确保每次洗涤过程中洗衣液添加的精准性，避免浪费或不足，进一步提升洗涤效果和衣物保护性能。

## 3.洗衣液进出水模拟优化

第三个电机则专注于模拟洗衣液的进出水过程。通过电机的正反转功能来分别模拟进水 and 出水操作，同时，通过调节电机的转速来精确控制进出水量的多少。实现对洗衣液进出水过程的精准模拟，提高洗涤效率和水资源利用率<sup>3</sup>。

## 1.3 灯光显示模块

本设计采用多色 LED 状态指示灯系统，采用独特的闪烁模式，为用户提供直观且即时的洗衣过程状态反馈。简化了信息传达方式，显著增强用户的交互体验，使洗衣过程更加透明与可控。

该系统包含五个精心布局的 LED 灯，具体功能如下：

**1.电源指示灯：**作为系统启动的初始信号，一旦洗衣机程序被激活，该灯即刻亮起，标志着设备已进入待机状态，准备接收操作指令。

**2.洗涤状态灯：**专门用于指示洗涤阶段，通过其亮起与熄灭或不同颜色变化，精确反映洗涤过程的进行程度，让用户随时掌握洗涤动态。

**3.浸泡状态灯：**独立设置，用于在衣物浸泡阶段提供明确指示，确保用户了解当前洗涤环节，优化洗涤效果。

**4.脱水与进水状态灯：**这两盏灯分别代表脱水与进水过程，通过它们的闪烁与稳定亮起，精准传达洗衣机在相应阶段的操作状态，让用户对洗涤全流程一目了然。

在程序运行过程中，LED 灯还会采用特定的闪烁模式作为洗涤结束前的提醒，有效避免了用户因疏忽而错过洗涤完成时刻的情况发生，进一步提升了用户体验的便捷性与满意度。

## 1.4 声音提示模块

本设计采用蜂鸣器进行提声音提示，在洗涤结束时发出提示音。这种反馈机制增强了用户与设备之间的交互，提供了额外的便利。

## 1.5 按键控制模块

我们设计了四个按键，共同控制着洗衣机的整体运行流程与界面交互，为用户提供了灵活而直观的操作体验。

**1.选择界面按键：**在第一次按下时进入到选择界面进行选择界面的程序，第二次按键是进入到剪映界面进行监控界面的程序。第三项是进入到程序运行过程当中

**2.监控界面切换按键：**用于在洗衣机运行过程中切换至监控界面，允许用户实时查看当前洗衣状态（如水位、剩余时间、所选档位等），但不可直接修改已设定的参数。这一设计增强了用户的监控体验，同时保证了洗衣过程的连续性和稳定性。

**3.档位位置选择按键：**在用户需要调整已设定的洗涤档位时，此按键发挥作用。它允许用户在多个档位之间进行选择，闪烁显示当前选中的档位位置，为接下来的修改操作做准备。

**4.档位修改按键：**在通过第三个按键选定了需要修改的档位位置后，此按键被激活。用户可以通过按下此键来修改选中档位的参数，如调整洗涤时间、温度或强度等。这一步骤实现

了用户对洗涤程序的个性化调整，满足了不同衣物的洗涤需求<sup>4</sup>。

110 通过设计流程，为用户提供了从选择到监控再到调整的全方位洗衣操作体验。它们各自承担着不同的功能角色，相互协作，共同确保了洗衣机的高效、稳定运行和用户的便捷操作。

1.6 压力传感器模块

115 压力传感器的实时测量值首先经过高精度的模拟到数字（AD）转换器处理，准确无误地转换为芯片可识别的数字信号。转换后的数字值代表了当前的压力状态，主控制芯片接收到压力数据后，立即启动自动选档算法。该提高了系统的自动化程度，确保在不同压力条件下，设备能够始终运行在最优的工作状态。

2 软件设计架构

2.1 程序运行流程

2.1.1 人机交互

120 首次按下 Key1 按键时，程序随即进入选择界面。在这一界面，用户无需直接操作，而是通过将衣物正面轻压于压力传感器上，系统会根据传感器传输的数据自动推荐合适的洗涤档位。然而，用户也可以通过 K3 和 K4 按键在多个预设档位之间进行选择，以根据衣物的具体需求调整洗涤的各因素，如温度、强度等，实现个性化设置。

125 当再次按下 Key1 按键，程序跳转到结论界面。在此界面，系统会显示基于算法推荐的洗涤方案。若用户对自动选择的结果不满意，可以像在选择界面一样，通过 K3 和 K4 按键手动调整档位，直至满意为止。此外，结论界面还新增了衣服洗涤方式的选择功能，让用户能够根据自己的偏好或衣物的材质选择最合适的洗涤方式。同时，系统会为每个档位计算对应的洗涤时间，并综合分析后给出最佳洗涤时间建议。

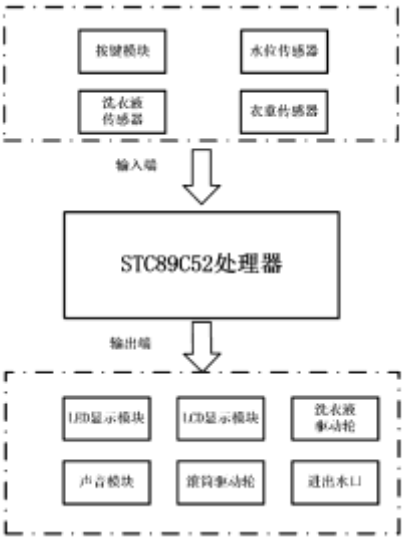


图 2-1 总体设计框图

Figure 2-1 Block diagram of the overall design

130 一旦用户在结论界面完成所有设置并确认满意后，再次按下 Key1 按键，程序将进入洗衣程序运行界面。在这个界面，用户可以直观地看到洗涤时间的倒计时，同时，通过 Key2 按键，用户还能回顾之前所选择的各项洗涤因素，但此时不再允许进行修改<sup>5</sup>，以确保洗涤过程的连续性和稳定性。

通过上述流程设计，我们的洗衣机不仅实现了高度的人机交互，还通过智能推荐与手动调整相结合的方式，为用户提供了灵活、便捷且个性化的洗涤体验。

135

2.1.2 系统流程概述

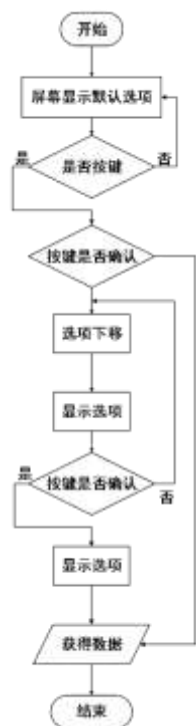


图 2-2 按钮选择原理  
Fig 2-2 Button selection principle

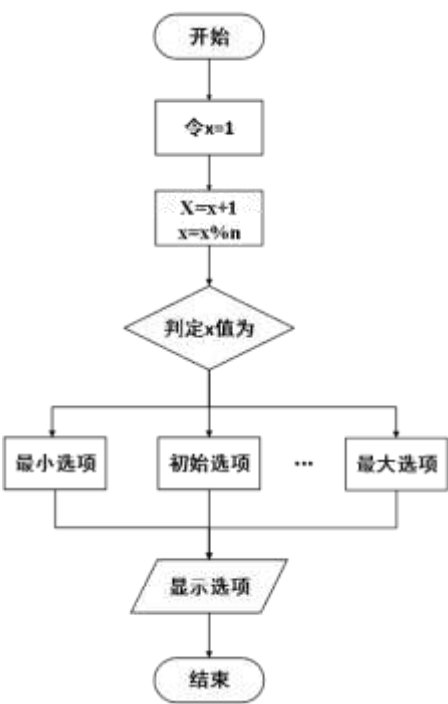


图 2-3 选项移动原理  
Fig 2-3 Button selection principle

2.2 模糊控制算法

模糊控制算法的通过模糊逻辑来处理不确定性和非线性问题。首先，明确控制问题的具体要求和目标，这包括确定系统的衣服大小，衣服质量，衣服材质，衣服干净程度（传感器数据、用户输入等）和洗衣液量，洗衣机转速，水量。

140

接下来，根据经验或专家知识，建立一组模糊规则库描述输入变量与输出变量之间的模糊关系。定义隶属函数，通过函数，根据输入变量得出输出变量。在模糊化阶段，将输入变量的精确数值转换为模糊集合的隶属度，这一过程通过定义模糊集合和相应的隶属度函数来实现，以反映输入变量的不确定性和模糊性。然后，利用模糊规则库和模糊推理机制，根据模糊化的输入变量推导出模糊的输出结果。同时，我们额外写了一个算法，来进行洗涤时间的合理化使用，达到最优化洗涤时间。

145

最后，将去模糊化后的控制指令应用于被控系统，执行相应的控制动作。同时，系统通过传感器等反馈机制获取实时数据，用于评估控制效果并可能触发反馈调整过程。反馈调整旨在根据系统的实际响应和期望目标之间的差异，对模糊控制算法进行微调或优化，直至洗衣过程结束。从而达到，在整体过程中，最优的运行方式选择<sup>6</sup>。

150

模糊控制算法的应用通常包括以下几个步骤：

表 2-1 模糊控制算法步骤  
Tab. 1 Fuzzy control algorithm steps

步骤	步骤名称
Step 1	模糊化



Step 2	建立规则库
Step 3	推理机制
Step 4	去模糊化

### 2.2.1 模糊化

模糊化是将输入的精确数值转换为模糊集合的隶属度。输入变量为：

- 1.衣物重量：轻（L）、中（M）、重（H）
- 2.脏污程度：低（LS）、中（MS）、高（HS）
- 3.衣物类型：棉（Cotton）、化纤（Synthetic）、羊毛（Wool）
- 4.隶属函数可以定义为：

#### 1)三角隶属函数：

由三个参数定义：

- a: 下界（左侧边界）
- b: 峰值点（隶属度为 1 的点）
- c: 上界（右侧边界）

定义公式如下：

#### (1)隶属度为 0:

$$\text{Triangular}(x; a, b, c) = 0(x \leq a) \quad (2-1)$$

#### (2)隶属度线性增加:

$$\text{Triangular}(x; a, b, c) = \frac{x-a}{b-a} (a < x \leq b) \quad (2-2)$$

#### (3)隶属度线性减少

$$\text{Triangular}(x; a, b, c) = \frac{c-x}{c-b} (b < x \leq c) \quad (2-3)$$

#### (4)隶属度为 0

$$\text{Triangular}(x; a, b, c) = 0(c < x) \quad (2-4)$$

#### 2)梯形隶属函数

其形状为梯形，具有一定的平坦区域。它由四个参数定义：

- a: 下界（左侧边界）
- b: 开始平坦区域的点
- c: 结束平坦区域的点
- d: 上界（右侧边界）

#### (1)隶属度为 0:

$$\text{Trapezoidal}(x; a, b, c) = 0(x \leq a) \quad (2-5)$$

#### (2)隶属度线性增加:

$$\text{Trapezoidal}(x; a, b, c) = \frac{x-a}{b-a} (a < x \leq b) \quad (2-6)$$

#### (3)隶属度为 1:

$$\text{Trapezoidal}(x; a, b, c) = 1(x \leq a) \quad (2-7)$$

#### (3)隶属度线性减少:

$$\text{Trapezoidal}(x; a, b, c) = \frac{d-x}{d-c} (b < x \leq c) \quad (2-8)$$

#### (4)隶属度为 0:

$$\text{Trapezoidal}(x; a, b, c) = 0(d < x) \quad (2-9)$$

表 2-2 隶属函数定义方式  
Tab 2-2 Membership function definitions

隶属函数定义方式								
衣物重量			脏污程度			衣物类型		
轻	三角形	(0, 0, 2)	低	三角形	(0, 0, 2)	棉	三角形	(0,0,1)
中	梯形	(1, 2, 3, 4)	中	梯形	(1, 2, 3, 4)	化纤	三角形	(0,1,2)
重	三角形	(3, 5, 5)	高	三角形	(3, 5, 5)	羊毛	三角形	(1,2,2)

2.2.2 推理机制

推理机制根据模糊化的输入变量和规则库，推导出模糊的输出结果。我们采用的推理方法是**最大-最小推理法**。同时采用**重心法**去模糊化是将模糊的输出结果转换为精确的数值。

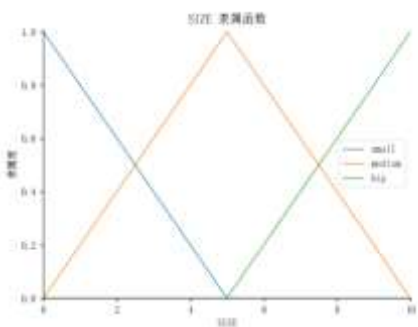


图 2-4 型号隶属函数

Figure 2-4 Model membership function

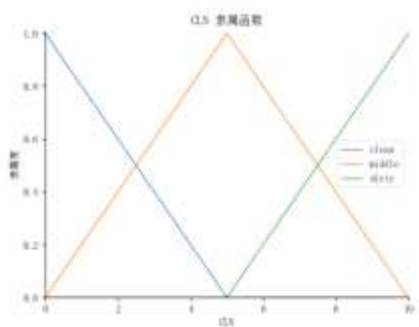


图 2-5 干净程度隶属函数

Figure 2-5 Membership function of cleanliness

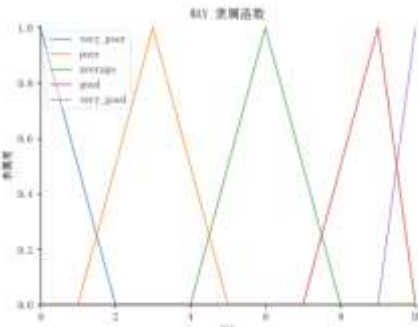


图 2-6 洗涤方式隶属函数

Figure 2-6 Membership function of washing mode

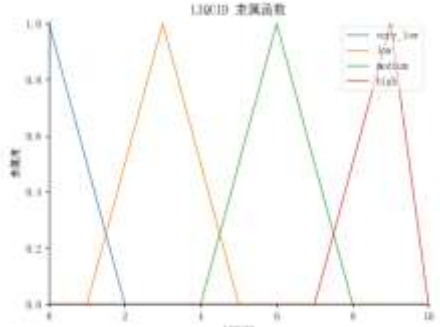


图 2-7 洗衣液使用量隶属函数

Figure 2-7 Membership function of laundry

195

3 设计电路

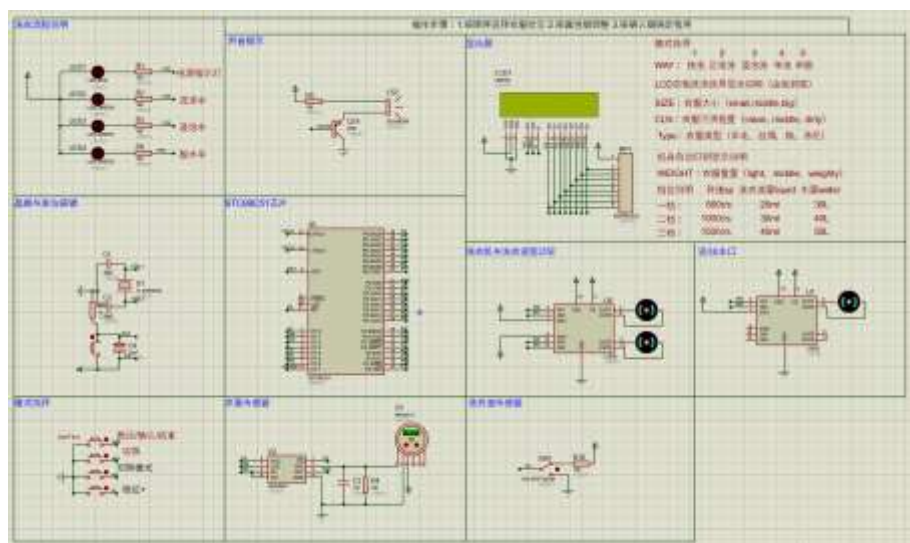


图 3-1 总体仿真设计电路图

Figure 3-1 Circuit diagram of the overall simulation design

1.硬件电路设计与验证：通过 Proteus 软件平台，进行硬件电路的设计与仿真测试。加速设计周期，确保在实际物理组装之前，电路设计的精确无误与功能符合预期，降低了开发风险与成本。

2.软件编程与芯片配置：利用 Keil 编程环境编写程序代码，将编译好的固件烧录至芯片中。确保了所有预设功能得以精准实现，保障整个系统稳定运行与性能发挥的基石。从而通过严格的编程与测试，保证系统各部件间的高效协同，从而达成项目的最终目标<sup>7</sup>。

系统内置了高精度压力传感器，该传感器能够实时、自动地读取环境或设备内部的压力数据。通过精密的算法处理，这些数据被迅速转化为可理解的数值或信号，为系统的智能控制提供了坚实的基础。确保系统的稳定运行与及时响应。

经仿真验证，以上功能均能实现。

200

4 结论

本文给出了了满足不同场景下的使用需求，我们的系统设计了多档位运行模式。用户可以通过简单的操作，轻松选择所需的运行档位。每个档位都对应着不同的运行参数和逻辑，以实现多样化的运行方式。提高了系统的灵活性和适应性，为用户带来了更加便捷、

210

高效的操作体验，集成了洗涤剂监测功能。该功能通过精密的传感器和智能算法，实时监测洗涤剂的使用量和剩余量。当洗涤剂不足时，系统会自动发出提醒，避免因洗涤剂不足而导致的洗涤效果不佳或设备损坏。同时，用户还可以根据实际需求，调整洗涤剂的用量，以达到最佳的洗涤效果和经济效益<sup>8</sup>。

采用直观易用的按键控制方式，通过简单的按键操作即可实现对整体程序的全面控

215

制。无论是启动、停止、暂停还是调整运行参数，用户都可以通过按键轻松完成。按键控制不仅提高了系统的操作便捷性，还使得用户能够随时掌握系统的运行状态，并根据实际情况进行灵活调整。此外，我们还为按键控制设计了防误触和防水等保护措施，确保系统



在各种环境下都能稳定运行。

## 220 [参考文献] (References)

[1] 许悦, 曹东云, 马悦.近十年代际学习研究现状及展望---基于 WOS 期刊文献的可视化分析 [J] .中国成人教育, 2022 (22) : 14-20

[2] 孙万麟, 杨莲红, 宋莉莉.单片机虚拟实验室的构建及其应用 [J] .实验技术与管理, 2014, 31 (7) : 229-231

225 [3] 孙万麟.基于 Proteus 的单片机通信电路设计 [J] .实验室研究与探索, 2016, 35 (10) : 135-138

[4] 田社平, 方向忠, 张峰.VSPD 和 Proteus 串口通信教学实验 [J] .实验室研究与探索, 2018, 37 (9) : 211-214, 334

[5] ] 姚雪梅, 陈永前.Proteus 和 Keil 模拟交通灯的实践教学 [J] .实验室研究与探索, 2016, 35 (11) : 107-109, 136

230 [6] 胡中玉, 岳强, 任杰, 等.基于 Proteus 仿真的电工电子课程教学创新 [J] .实验技术与管理, 2016, 33 (4) : 128-130

[7] 邓力.基于 Keil 时序逻辑和 Proteus 的电路仿真 [J] .实验室研究与探索, 2017, 36 (1) : 80-83

[8] ] 姚睿, 李增武, 付大丰, 等.基于 Proteus 的 DSP 虚拟实验系统设计与开发 [J] .实验技术与管理, 2015, 32 (3) : 123-125

235