

基于单片机的智能定时开关设计与仿真研究

周颖菲¹, 黄资瀚¹, 邹芝怡², 杨怡恒¹, 王廷军³, 邹旭³

¹上海电机学院电气学院, 上海

²上海电机学院商学院, 上海

³上海电机学院机械学院, 上海

收稿日期: 2023年12月20日; 录用日期: 2024年3月31日; 发布日期: 2024年4月7日

摘要

智能定时开关随着智能化、自动化技术的快速发展受到了广泛的关注, 其应用也越来越广。本文针对需要自动定时开通关断的场景, 设计了基于AT89C52单片机的智能定时开关, 该设计通过两个按键实现定时开启、定时关闭功能, 利用PWM控制技术, 通过调节其占空比, 使其输出不同的波形, 驱动三极管的开通和关断, 满足不同要求的智能开通和关断功能, 提高了智能开关的稳定性。利用Proteus软件进行了仿真实验, 观测电平波形图, 验证了该方法的有效性。

关键词

智能定时开关, 单片机, PWM, 占空比, 稳定性

Origami-Based Single-Chip Microcomputer: Intelligent Timing Switch Design

Yingfei Zhou¹, Zihan Huang¹, Zhiyi Zou², Yiheng Yang¹, Tingjun Wang³, Xu Zou³

¹Electrical College, Shanghai Dianji University, Shanghai

²Business School, Shanghai Dianji University, Shanghai

³Mechanical College, Shanghai Dianji University, Shanghai

Received: Dec. 20th, 2023; accepted: Mar. 31st, 2024; published: Apr. 7th, 2024

Abstract

Intelligent timer switch with the rapid development of intelligent, automation technology has received widespread attention, and its application is becoming more and more widespread. In this paper, for the scene that requires automatic timed opening and closing, we designed an intelligent timed switch based on AT89C52 microcontroller, which is designed to realize the timed opening

文章引用: 周颖菲, 黄资瀚, 邹芝怡, 杨怡恒, 王廷军, 邹旭. 基于单片机的智能定时开关设计与仿真研究[J]. 机械工程与技术, 2024, 13(2): 71-78. DOI: 10.12677/met.2024.132008

and closing functions through two buttons and utilizes the PWM control technology to drive the opening and closing of the transistor with different waveforms by adjusting the duty cycle, so as to satisfy the intelligent opening and closing functions of different requirements, and to improve the stability of intelligent switch. Simulation experiments were carried out using Proteus software, and level waveforms were observed to verify the effectiveness of the method.

Keywords

Intelligent Timing Switch, Single-Chip Microcomputer, PWM, Duty Cycle, Stability

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers 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

1. 引言

随着智能化、自动化技术的快速发展,智能定时开关作为其关键性技术,受到了广泛的关注,应用场景不断扩大,同时,开关的稳定性是影响相关产品实用性的重要因素之一[1] [2] [3]。以智能宠物喂食器为例,通过智能开关控制投喂器,可以实现定时开启和关闭投喂器,在自动喂食的同时避免无谓的能量浪费,将宠物的饮食时间分散到多个时间段,实现智能健康管理。因此,设计了具有便利和稳定性的智能开关,外接四个按钮,分别操控开始、关闭、增加占空比和减少占空比四个功能,从而达到智能定时开关的功能,以满足不同应用场景的需求。并利用 Proteus 软件进行了仿真验证,智能开关高效且稳定,提供更加便捷、安全和节能的智能控制目的。

2. 智能定时开关工作原理与结构设计

2.1. 对智能定时开关的要求

智能开关控制系统的优点和积极效果包括:控制策略算法具有创新性,智能操控,提高了用户体验的舒适性;具有控制方便、使用多样性、灵活性、可操作性及智能性等优点;功能设定、操作简洁,保证使用者充分发挥智能开关系统的使用效率,提升用户体验效果;具有环保性、能耗节约性,提升设备的使用寿命[4]。本课题提出将智能终端按键与智能开关进行匹配、绑定,可使使用者方便地通过按下智能终端按键来控制智能开关,保证者仅需通过简单的按压按键动作即可达到控制被控设备、节约能耗、延长设备使用寿命、方便管理的目的[5] [6]。

2.2. 智能定时开关工作原理与结构设计

智能定时开关主要包括软件、硬件两个大部分,软件包括主程序和中断程序;硬件包括电源、主控程序和闭合回路,而主要因为中断程序通过单片机的控制,进而达到定时开启、关闭的功能。智能定时开关的总体结构组成如图 1 所示。

AT89C52 提供了标准功能:8 K 字节 FLASH 闪存,256 字节内部 RAM,32 个 I/O 口线,3 个 16 位定时/计数器,一个 6 向量两级中断结构,一个全双工串行通信口,片内振荡器及始终电路。同时,AT89C52 可降至 0 Hz 的静态逻辑操作,并支持两种软件可选的节点工作模式。空闲方式停止 CPU 工作,但允许 RAM,定时/计数器,串行通信口及终端系统继续工作。掉电方式保存 RAM 中的内容,但振荡器停止工作并禁止其他所有部件工作直到下一个硬件复位[7]。并且为了预设其项目的可能性,在 proteus 中进行了仿真,仿真结果可以进行定时开关的情况,芯片管脚图如图 2 所示。

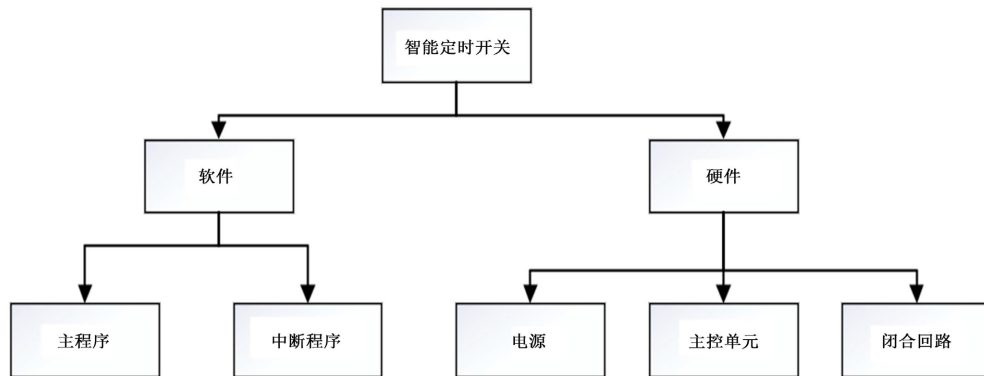


Figure 1. Intelligent timer switch overall structure composition
图 1. 智能定时开关总体结构组成

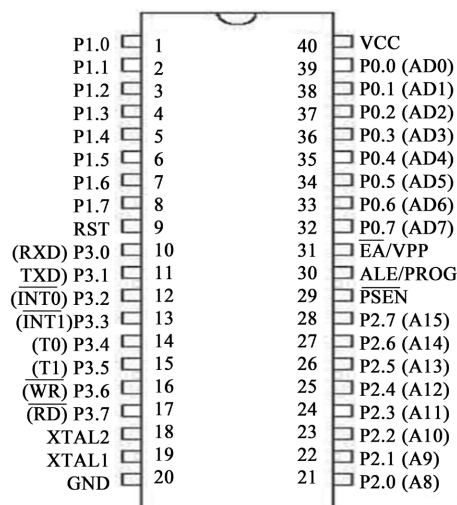


Figure 2. Chip pins of AT89C52

图 2. AT89C52 的芯片管脚

XTAL1 和 XTAL2 的接口是电路，RST 接口是复位电路，根据代码所编写的输出为 P3.4 和 P3.5，将示波器连接到 P2.0 接口[8]。

晶振电路是单片机必不可少的一部分。单片机是按照时间的先后顺序进行控制，所以必要要有一个晶振电路才能正常工作。而一个单片机一般是一个晶振，是为了单片机运行时候的各部分的同步。

复位电路的电路串联一个电阻来构成复位电路，复位电路的工作原理是通过给单片机的复位引脚 RST 外接电阻与电容，来实现复位。当按键开关按下时候，RST 引脚会变成高电平，又因为电容还在不断的充电，是高电平的时间变长，因此可以复位[9]。

2.3. 智能开关的工作原理

智能开关的工作原理如图 3 所示。IGBT 仅在栅极端子上有电压供应时工作，它是栅极电压，即 VG。如图所示，一旦存在栅极电压(VG)，栅极电流(IG)就会增加，然后它会增加栅极 - 发射极电压(VGE)。如果正输入电压通过栅极，发射极保持驱动电路开启，设定时间，定时开关进行工作。

栅极 - 发射极电压增加了集电极电流(IC)。因此，集电极电流(IC)降低了集电极到发射极电压(VCE)。如果 IGBT 的栅极端电压为零或略为负，则会关闭电路应用，智能定时开关结束工作[10]。

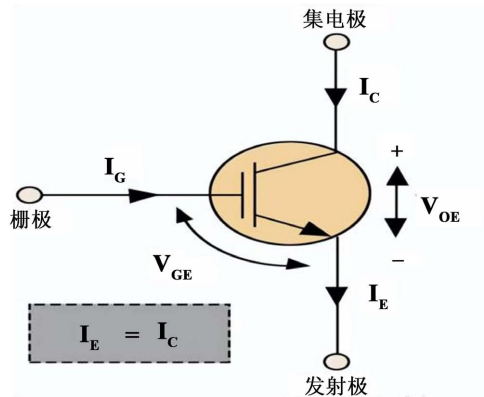


Figure 3. Principle of operation of IGBT
图 3. IGBT 工作原理

3. 软件设计

智能开关的 C 语言代码功能流程图如图 4 所示。程序开始，首先设定 time 变量用于记录中断次数，并初始化占空比；将 p2^0 口绑定为输出口，并将 p3^4、p3^5 设定为增加和减少占空比的控制按键；初始化延时函数进行消抖；进入中断系统，当 time 的值小于占空比 count 时输出高电平，此时开关打开；当 time 的值大于等于占空比 count 时输出低电平，此时开关关闭；当 time 大于等于 50 时，重置变量 time，time 清零；出中断系统，进入循环，定义周期时间，实验中设定周期为 1 s，并初始化定时器，读取键盘输入，从而实现定时开关的功能。

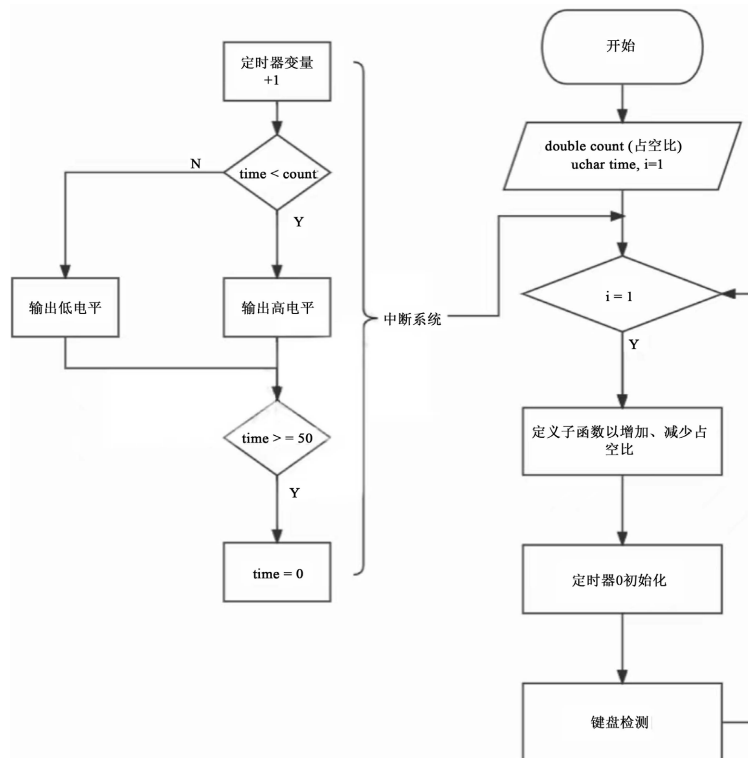


Figure 4. Flow chart of code function realization
图 4. 代码功能实现流程图

4. 仿真结果及分析

通过对系统进行仿真，随机抽取多组数据作为周期(单位 ms)，这里以指数函数的为例，随机抽取一条指数函数，分别对单片机进行定时以及对占空比的调整，得出以下数据如图 5 所示，其中 A 列为随机抽取的自变量周期，B 列为本开关从开始计时到结束所用总时长，其中最长的一个实验耗时约为 27.7 个小时。通过对数据进行整理可以得到如下所示的函数图像，其中菱形曲线所代表的是所选的参考指数函数，正方形曲线代表的是本次实验所得到的曲线，由图 6 可知，本次实验的结果与预期基本一致，达到“准时准点开关机”的效果。

A	B
0.1	1.93
0.2	1.67
0.4	4.6
0.78	3.44
1.38	6.16
2.18	9.53
3.09	30.5
5.32	187.75
8.3	4946.61
12.73	518650.3
18.72	150446449.7
30.01	1.69E+13
41.32	5.15E+17
53.67	1.86E+23
62.06	5.51E+26
72.29	4.64E+31
82.38	5.9E+35
91.87	2.4E+40
98.07	1.44E+43

Figure 5. Simulation experiment data

图 5. 仿真实验数据

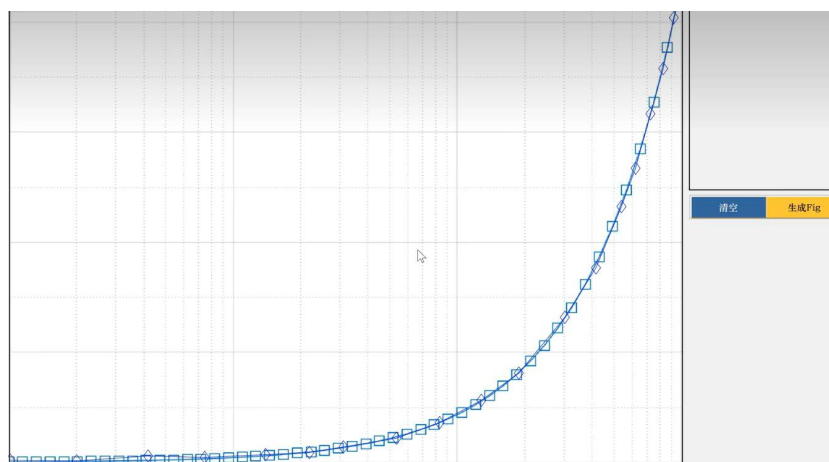


Figure 6. Exponential function image

图 6. 指数函数图像

通过改变实验的占空比，可得到不同的实验周期(实验以周期为 12 ms，幅值为 1 的正弦信号组为对照组，分别与周期为 42 ms，幅值为 1 和周期为 12 ms，幅值为 3 的两组正弦信号组作比较)，记录设定不同的开关时间，多组实验关机的时间点，可以看到选用正弦信号的智能开关在不同周期下的关闭时间。

由图 7 可知，根据改变的占空比不同，关闭时间也是可以通过调节改变的，达到了开关的“可调节性”的目的。

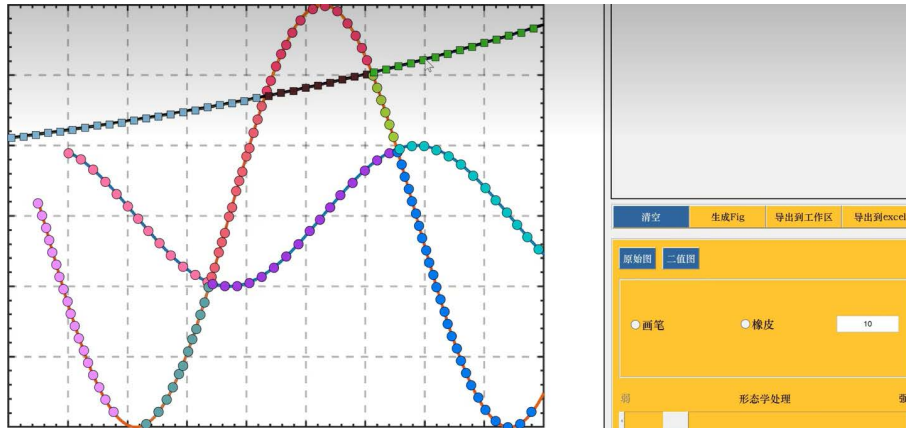


Figure 7. Image of the sine function
图 7. 正弦函数图像

根据硬件的电路分析，采用 Proteus 仿真软件绘制智能开关的整体的电路原理图，按照智能开关的功能要求，采用 C 语言编写程序编译通过之后，导入仿真软件进行程序的调试。仿真调试成功后，下载到芯片中，进行硬件调试。利用示波器的波形图试验前后的对比图进行实验的观测，proteus 仿真图如图 8 所示。

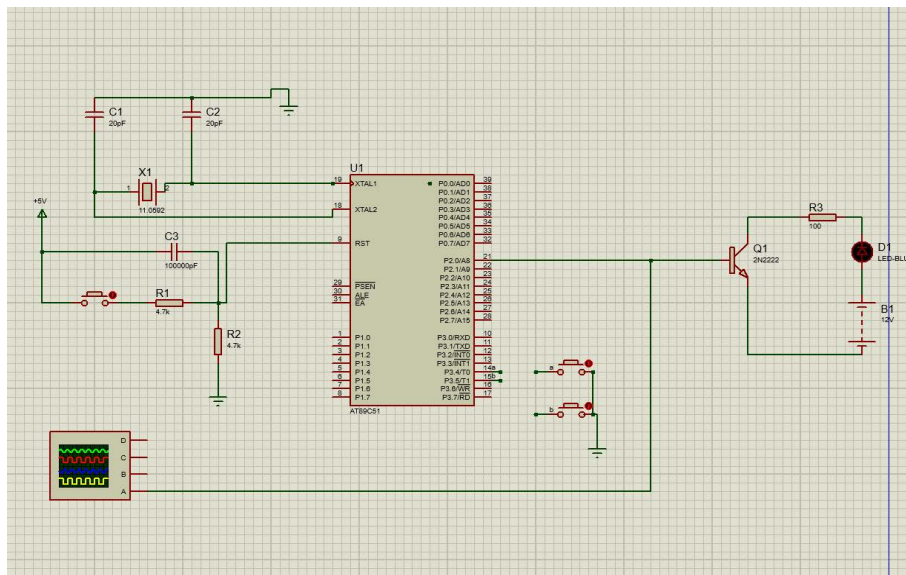


Figure 8. Proteus simulation diagram
图 8. Proteus 仿真图

根据以上的要求，采用 C 语言编写程序编译，编译通过之后，导入 Proteus 仿真软件进行程序的调试。仿真调试成功后，下载到芯片中，进行硬件调试。利用示波器的波形图试验前后的对比图进行实验的观测结果如图 9、图 10 所示。

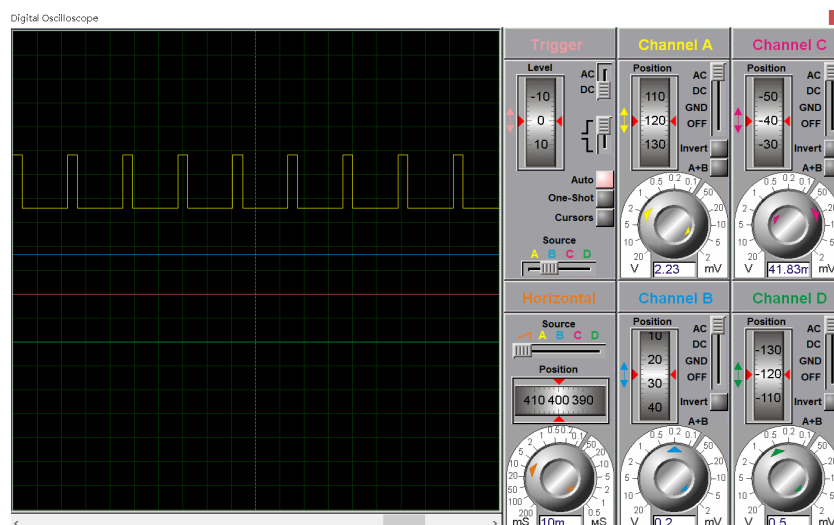


Figure 9. Image of simulation results before debugging

图 9. 调试前的仿真结果图像

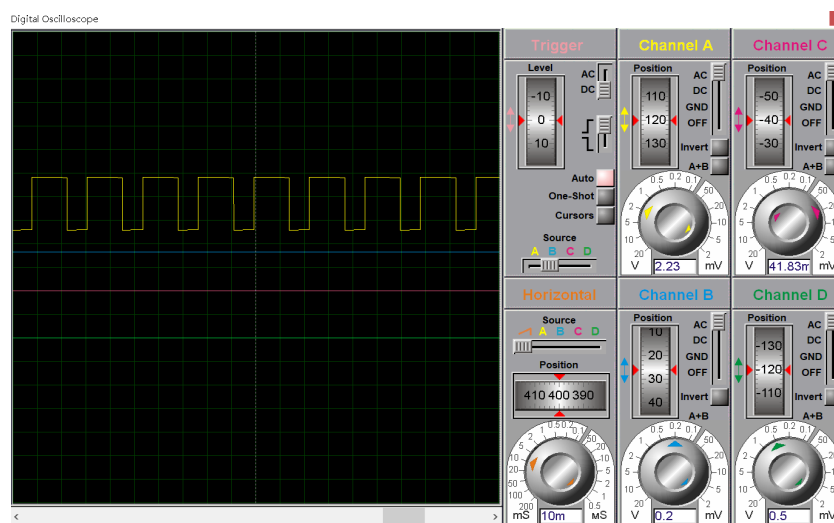


Figure 10. Simulation result image after debugging

图 10. 调试后的仿真结果图像

如图 9 所示, 实验仿真初始占空比设置为 10%, 即一个固定周期(本实验中设定周期为 1 s)中 10% 输出高电平, 其余时间输出低电平。经过实验调整, 通过以按不同按钮的方式调整单片机输出波形的占空比。如图 10 所示, 占空比已增加至 80%。

通过软件设计, 根据实际情况设置一个周期的时间, 通过结合用户实际情况, 和实施需求, 设置不同的占空比(具体设置方法如上), 通过以上方法实现定时开关, 并且这种方法和市场上同类智能开关产品进行实验比较, 发现该智能开关更加稳定可靠。通过对市面上大部分可调节智能开关, 在其稳定性上进行对比, 进行 1000 次连续实验, 结果发现在其多次通断后其开关的功能受到影响, 在最后 100 次实验时, 其稳定性有明显的下降, 整体的稳定性在 99%。而本设计的智能开关, 在整个实验过程都表现了良好的稳定性, 其开关稳定性可以达到 99.9% 左右。该结论实验成功验证实验结果不仅说明了整个代码的功能实现, 同时也证实了智能开关完成自定义定时开关的稳定性, 和可行性。

5. 结束语与展望

设计了一种基于单片机的智能开关电路，用于宠物喂食器的定时喂食功能。通过对单片机的软硬件的设计和测试，利用 PWM 的控制设计，调节占空比，输出随时间变化的高低电平，以此实现了单片机的定时开启、关闭的功能。

1) 智能开关利用单片机为载体，相比较于其他类型大大降低了成本。

2) 在智能定时开关中，利用了 PWM 控制，输出随时间变化的高低电平。而只需要通过两个按钮，就可以调节占空比的增减，以此来达到调节时间做到定时开启、关闭的功能。

3) 通过实验仿真，改变不同的占空比的初始值和固定周期时间，在示波器上观测，通过按固定次数的按钮，进行示波器前后观测，发现当固定周期越大，占空比更容易调节且变化更明显。

基金项目

本研究课题得到了上海市大学生科技创新项目的资助。

参考文献

- [1] 王宾. 基于单片机的智能开关窗系统设计研究[J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版), 2023, 19(4): 64-70.
- [2] 黄晓斌. 一种基于 STM32 单片机的多功能智能家居控制系统[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安电子科技大学, 2021. <https://doi.org/10.27389/d.cnki.gxadu.2021.000005>
- [3] 崔浩斌, 刘伟. 基于 STM32 单片机的智能家居控制系统设计研究[J]. 微处理机, 2020, 41(1): 61-64.
- [4] 李颜鑫, 刘畅, 祝宇晴, 陶雨露. 基于单片机的智能开关系统设计[J]. 数字技术与应用, 2020, 38(4): 14-15.
- [5] 林俊宏, 吴旦, 韩利群, 等. 配电物联智能终端现场调试技术的研究与应用[J]. 机械与电子, 2023, 41(12): 48-52+57.
- [6] 于泳, 谷呈星, 于振超, 等. 智能终端融合技术分析[J]. 科技创新与应用, 2023(9): 162-165.
- [7] 胡俊, 梅军. 一种智能复合开关应用在电阻表检定装置的可行性研究[J]. 中国计量, 2023(11): 127-130.
- [8] 袁博洋, 殷浩萱, 陈萱, 钟建伟. 基于 AT89C52 单片机的古建筑避雷装置仿真系统设计[J]. 电工材料, 2023(4): 43-48. <https://doi.org/10.16786/j.cnki.1671-8887.eem.2023.04.012>
- [9] 吴加振. 基于单片机控制的节能照明系统设计[J]. 现代建筑电气, 2023, 14(9): 61-66.
- [10] 成荣花. 1.7 kV RC-IGBT 的机理与特性研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2023. <https://doi.org/10.27398/d.cnki.gxalu.2023.000917>