

基于 IAP 技术远程升级与智能控制的猫窝设计与实现

黄诗虎¹ 田书林² 江傲雪³ 王鑫炎⁴ 熊琼⁵ (通讯作者)

(武汉工商学院, 湖北 武汉 430065)

【摘要】智能猫窝作为新型宠物产品, 其智能化、环保、保护流浪猫等优点深受用户欢迎。本智能猫窝系统白天通过太阳能板给锂电池充电, 用户可自由选择一天中任意时段开启系统; 当温度低于用户设定温度时通过 PID 算法将温度恒定至设定温度; 具有定时投喂功能; 当猫粮不足, 猫粮受潮或者猫粮干燥剂超出时效以及系统电量不足时, 系统会进行报警提示; 当猫窝没有猫的时候, 系统会自动进入睡眠模式以达到减少系统耗电的功能; 系统的应用程序使用 IAP 技术远程进行更新升级。该系统功能丰富, 操作简单, 且具有较强的稳定性和可扩展性。

【关键词】智能猫窝; stm32; PID; IAP

一、研究背景与意义

随着经济的发展, 人们的生活水平不断提高, 对于宠物的养殖需求也越来越高, 成为一种时尚生活方式。智能猫窝作为一种新兴的宠物产品, 已经开始受到广泛关注, 其以智能化、可持续性、保护环境、保护流浪猫和教育意义等多种优势受到了消费者的青睐。智能猫窝不仅可以为流浪猫提供食物和住所, 而且可以通过加热功能帮助流浪猫度过寒冬, 使流浪猫得到更好的生活保障。智能猫窝的市场需求正在逐渐扩大, 未来还将有更多的机会和挑战。

二、系统整体设计

智能猫窝以两块 stm32f103c8t6 分别为主控控制核心与副控显示控制核心。其中主控主要用来采集传感器数据、温度 / 电机控制、与用户通信等; 副控主要用于图像显示以及其他扩展性功能。两者相互配合能更好地满足用户需求。系统整体框图如图 1 所示。

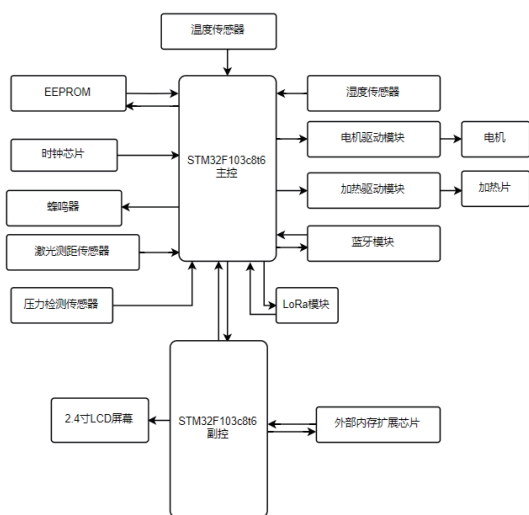


图 1 系统整体结构框图

温度传感器可实时监测加热片的温度并将数据传输给副控; EEPROM 便于存放用户设定数据以及其他相关数据; 时钟芯片可以计算出更换干燥剂的时间便于提示用户更换干燥剂, 保证猫粮不受潮; 激光测距传感器可以测量猫粮的剩余量, 提示用户及时更换猫粮; 压力传感器主要用来检测猫咪是否在猫窝里, 另外还可以检测猫咪的体重; LoRa 模块用于远程更新程序, 该通信方式为串口; 蓝牙主要是用户进行人机交互的方式; 湿度传感器用来检测猫粮湿度是否过大, 实时报警并提示用户及时更换猫粮。

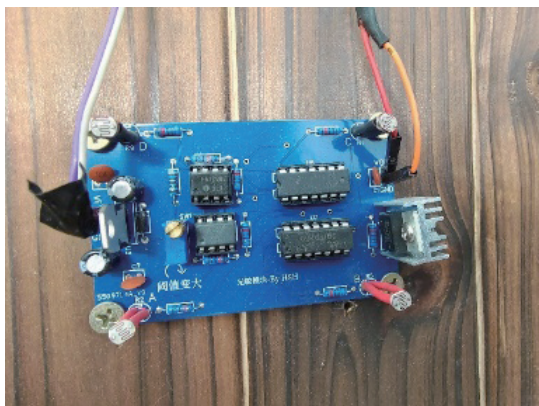
三、硬件电路设计

本系统硬件电路以两块 stm32f103 单片机为控制核心, 包括供电模块、投食模块、电机和加热驱动模块、传感器模块、通信模块、数据存储模块以及屏显示模块。

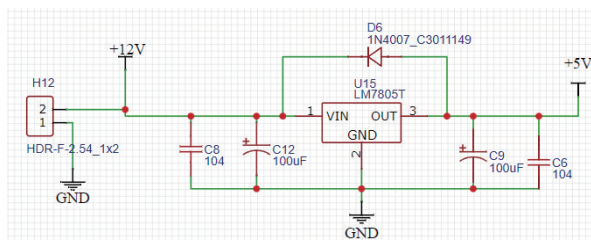
(一) 供电模块

白天太阳能板给锂电池充电, 整个系统由锂电池供电。一般太阳能板分为两种, 一种是多晶硅太阳能板, 另一种是单晶硅太阳能板。多晶硅太阳能板, 受天气影响严重, 发电效率低, 但成本低, 因此深受大众喜爱。单晶硅太阳能板, 发电效率高, 即使晚上有月光也能发电, 因此本系统选择单晶硅太阳能板。另外需要搭配太阳能控制器, 太阳能控制器可以跟踪最大功率点 (MPPT) 且有短路保护和防止锂电池过充等功能。

供电模块工作原理: 通过光敏电阻搭配开关管进行控制, 光敏电阻检测环境光线强度, 通过精密滑动变阻器来调节阈值, 控制开关管接通锂电池, 锂电池通过降压芯片给主控以及其他模块供电。光敏模块和降压模块分别如图 2 (a)、图 2 (b) 所示。



(a) 光敏模块



(b) 12v 转 5v 电路

图 2 系统供电模块

(二) 投食模块

猫窝的喂食系统，由一个 20kg 直流减速电机进行操作，电机由电机驱动模块进行驱动，单片机控制芯片的 PWM 进行输出，控制电机驱动模块驱动电机，从而控制猫粮的投喂，可进行定时，定量的投喂^[1]。

电机的外壳由 3D 打印的材质进行固定，成本低廉，但是非常可靠，如果考虑到猫咪非常多，需要存放的猫粮非常多，可以打印更大的外壳，用于存放更多的猫粮。在我们测试的过程中最多可以存放 5kg 的猫粮，猫咪需要吃多少猫粮，主要取决于猫咪的品种、年龄、体重、活动量和健康状况等因素。一般来说，成年猫每天需要摄取约 20~30 克的猫粮，也就是每月大约需要 600~900 克的猫粮。因此我们的猫窝可以给一只猫咪连续提供喂食长达五个月，但是考虑到猫粮的保质期，以及猫咪的数量，供应猫粮的时间会缩短。

(三) 电机和加热驱动模块

电机和加热作为被控对象，其驱动电路必不可少。驱动电路图如图 3 所示。主要核心元器件为运放和 NMOS 管。首先由单片机 I/O 输出 2KHz 的 PWM 方波信号，由运放将其电压放大至 12V 左右，然后将放大信号输入至 NMOS 的栅极。PWM 控制 NMOS 的导通与关断进而控制电机和加热片。

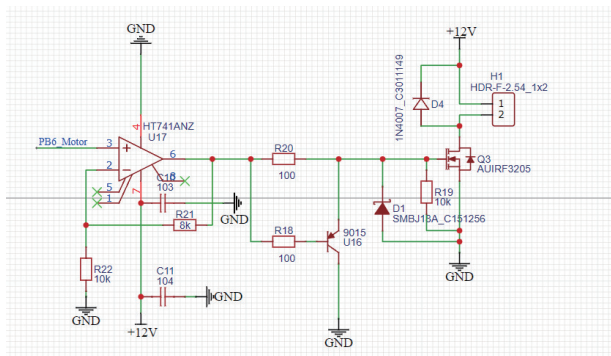


图 3 驱动电路图

(四) 传感器模块

本系统涉及的传感器有温度、压力、激光测距和湿度传感器。1. 温度传感器：本系统采用 4 个 DS18B20 温度传感器采集加热片的温度。2. 压力传感器：压力传感器可作为 2 个用途，其一，可检测猫咪的体重，压力传感器具有压力越大电阻值越小的特性，使用一个分压电路+ADC 就可以显示猫咪的体重了；其二，可检测猫咪是否在猫窝里面，增加一个比较器电路即可完成该功能。3. 激光测距传感器：激光测距模块主要检测猫粮剩余量，当猫粮剩余量低于用户所设定阈值时，屏幕会提示“猫粮不足，请及时补充猫粮”。4. 湿度传感器：湿度传感器在本系统中主要用于检测猫粮是否受潮，当湿度高于阈值时屏幕就会显示，“猫粮已受潮，请及时更换猫粮”。

(五) 通信模块

通信是人机交互、数据传输必不可少的部分，本系统有蓝牙和 LoRa 两种通信模块。1. 蓝牙模块：本系统主要人机交互方式为手机蓝牙 APP，用户通过该软件发送相关指令查看、修改相关参数。蓝牙具有使用简单，功耗低等优点。2. LoRa 模块：LoRa 具有很强的穿透力和抗干扰能力，能够在城市以及农村等复杂的环境中实现长距离传输，最大传输距离可达数公里，可以完全覆盖到整个校园内。模块采用低功耗设计，能够在长时间内稳定运行，非常适合长期运行的低功耗设备。且价格相对较低，非常适合用来给猫窝进行远程更新。

(六) 数据存储模块

数据存储模块主要有两种分别为 EEPROM 和 NOR Flash。两者都具有掉电不丢失的特性。前者容量相对较小，后者容量相对较大。在本系统中分别使用 AT24C02 和 W25Q64。其中 AT24C02 主要存储用户设定的一些阈值和一些相关指令，W25Q64 主要存储一些照片和一些文字。AT24C02 具有占用芯片引脚少、使用简单、价格低廉等优点。即使只有 256 字

节的存储空间但用它来存储一些参数和指令已经足够了。W25Q64 具有储存容量大、数据传输速度快、芯片较小、功耗低等优点。因此用它来存储图片和文字非常适合。

(七) 屏幕显示模块

显示屏选用 2.4 寸 LCD 彩色显示屏。该显示屏显示效果优异, LCD 显示屏可以支持高分辨率和良好的视觉效果, 同时还可以呈现丰富的颜色和图像; 能耗低, 相比于其他显示技术(如 LED 显示屏), LCD 显示屏消耗的电力更少, 且在亮度调节方面也有很好的表现; 响应速度快, LCD 显示屏响应速度通常较快, 适合于需要高速刷新、大量细节展示或需求动画效果的场合; 可视角度广, LCD 显示屏具有较宽的可视角度, 不会出现死角现象, 即便在更大范围内观看仍然可以获得不错的图像效果^[3]。

四、软件程序设计

本系统软件程序设计主要包括三部分分别为主控 Bootloader、主控单片机程序设计和副控单片机程序设计。

(一) 主控 Bootloader 程序设计

本设计使用 stm32f103 单片机, 用 C 语言在 Keil5 中开发, 在产品未出厂时利用下载器进行程序的下载, 发布后利用 IAP 技术远程更新代码^[4]。代码区分为两部分, 第一部分就是 Bootloader 区, 第二部分才是执行用户程序的代码区。Bootloader 在出厂时就固定下来, 在需要改变用户代码区时需要触发 Bootloader 对用户代码区进行擦除和重写即可完成程序的更换。简而言之, Bootloader 的作用就是引导新的程序去更换旧的程序。主控 Bootloader 程序流程图如图 4 所示。

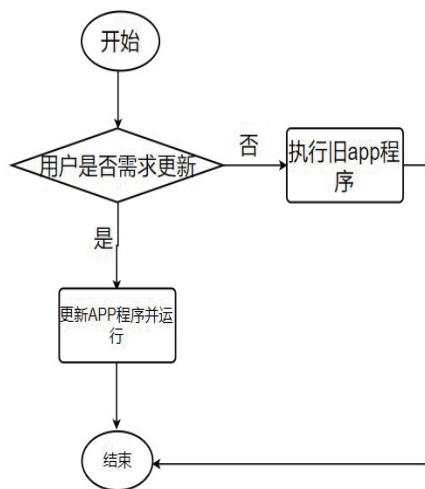


图 4 主控 Bootloader 程序流程图

(二) 主控单片机的程序设计

主单片机为猫窝的主控, 控制猫窝的加热、喂食以及各种传感器的检测, 为单片机的控制提供了依据, 程序中有休眠模式, 当光传感器检测到晚上的时候, 会开启猫窝的电源; 当检测到猫咪, 同时温度传感器检测到温度低于用户设定温度, 开启加热并利用 PID 恒温^[5]。手机 APP 也可以直接唤醒猫窝, 同时修改参数, 如定时投喂的时间、投喂的数量等。当传感器检测到猫粮过少的时候, 会在屏幕显示“猫粮不足, 请及时补充猫粮”。主控的 APP 程序流程图如图 5 所示。

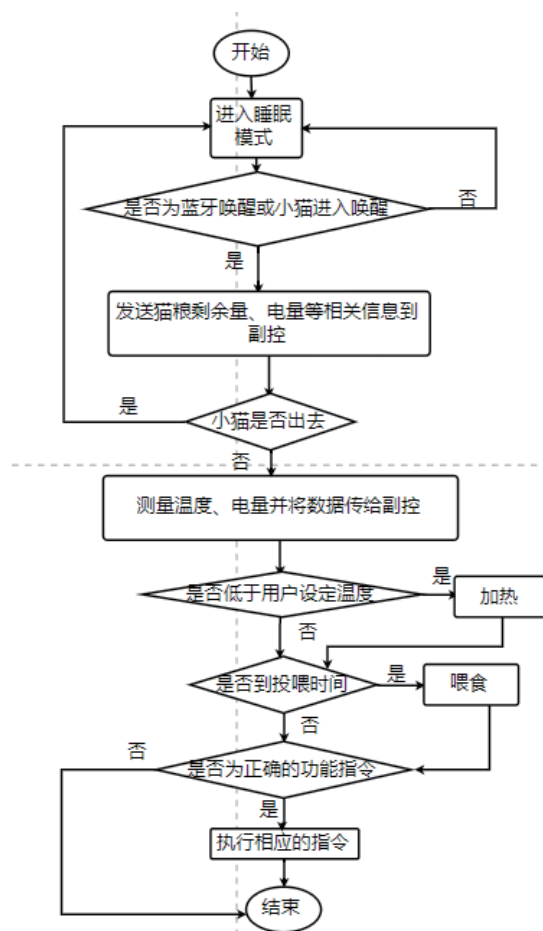


图 5 主控的 APP 程序流程图

(三) 副控单片机的程序设计

副控单片机主要负责显示一些图片以及接收由主控传过来的相关数据。当副控工作时间超过 5 小时后就会进入睡眠模式。副控的程序流程图如图 6 所示。副控上电默认进入睡眠模式, 当主控退出休眠模式时会发指令给副控, 此时副控才会退出睡眠模式。退出后显示校徽 4 秒完成后副控会接收主控的相关数据并每隔 1 秒会显示小猫照片和相关数据。当副控工作 5 小时后会再次进入休眠模式。

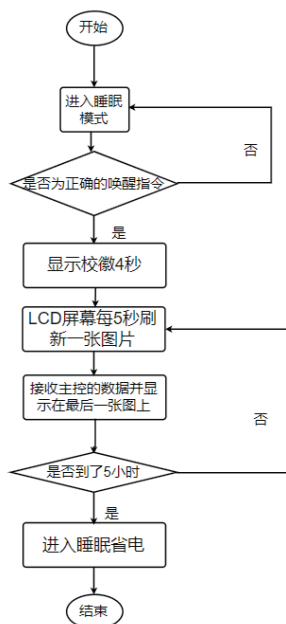
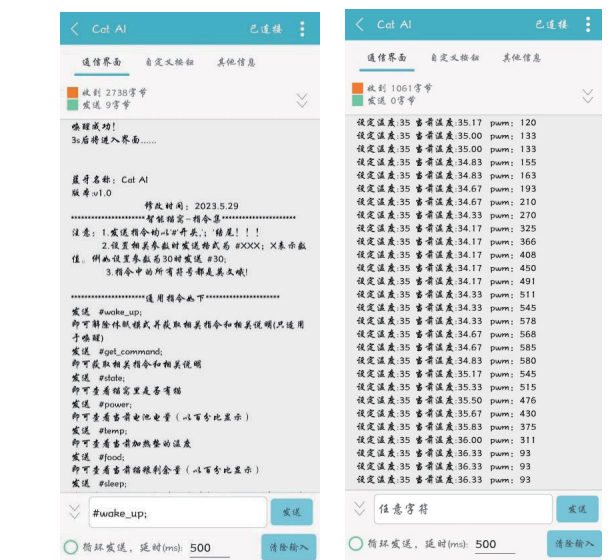


图6 副控的程序流程图

五、系统测试

测试结果如图7所示。基本实现智能猫窝太阳能进行供电,定时定量投喂猫粮,当空气的温度低于单片机内的预设值,且当小猫进入猫窝的时候,自动开电加热功能,进行远程更新程序等功能。

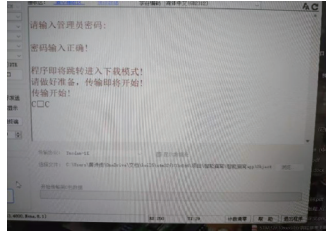


(a) 唤醒界面

(b) 恒温测试



(c) 屏幕显示



(d) 远程更新测试

图7 系统测试

用户交互功能测试。如图7(a)所示,显示了蓝牙设备名称、版本号、通用指令集、管理员指令集以及技术员指令集等。

恒温功能测试。如图7(b)所示,通过实验数据可以发现,温度基本恒定在用户设定的温度误差在 1°C 左右。

屏幕显示功能测试。如图7(c)所示,在本实验中使用重物模拟小猫进入猫窝后的现象。此时屏幕会滚动显示小猫照片和基本数据。

远程更新功能测试。如图7(d)所示,该功能只有技术人员才有的权限,当输入正确的密码后技术人员只需将新程序的二进制文件通过Ymodem协议传输至主控。在传输过程中,蜂鸣器会断续鸣叫。传输完毕后,蜂鸣器会连续鸣叫单片机将会执行新程序,至此完成程序的远程升级。

六、总结

本系统为智能猫窝系统,具有低功耗、高精度、环保、可扩展性强和卓越性能等优点,能为小猫提供智能、舒适的环境。首先,本系统的低功耗设计使其能够长时间运行而不会对能源造成过多负担。这对于小猫在冬天保持温暖至关重要。同时,高精度的传感器和控制器确保系统能够准确地监测和调节环境参数,如温度和湿度,以提供最适宜的舒适环境。其次,本系统注重环保,采用可再生能源和节能技术,减少对环境的影响。这有助于保护自然资源,同时为小猫提供一个更加健康和可持续发展的生活环境。此外,本系统具有强大的可扩展性,可以根据小猫的需求进行定制和升级。未来,我们将继续完善系统,提高用户体验,为小猫创造更加温暖和舒适的生活环境。

参考文献:

- [1] 白亚梅. 智能化的家养宠物喂食器设计[J]. 电子世界, 2021(03):192-193.
- [2] 高晓斌. 基于STM32单片机的智能宠物家居的设计与实现[J]. 信息系统工程, 2018(07):20-21.
- [3] 邝华款. 远程智能的宠物照料系统开发与应用[J]. 无线互联科技, 2022(04):40-41.
- [4] 姜晓道, 赵紫君. 基于IAP的通用嵌入式系统在线升级功能设计[J]. 电子制作, 2022(02):5-8.
- [5] 师佳楠, 夏娇, 李宇帅, 李家璇, 曳永芳. 基于Matlab的PID控制算法仿真[J]. 电子质量, 2020(07):4-16.