

触控密码锁及生产测试集群系统设计

专业：电子信息工程 年级:2015 级 学生：沈奕德 指导教师：廖一鹏

摘 要

在触控密码锁的工业生产上，触控密码锁的生产测试一直受到各个厂商关注。电子功能测试作为出厂最重要的一部分，其可靠性必须得到保证，同样基于上述目的，触控密码锁必须考虑在长期工作环境下的功耗控制，以实现触控密码锁的长期稳定运行。本论文主要阐述了触控密码锁生产测试的软件与硬件设计，及基于商业化考虑对其所做的安全与改良设计。

系统由上位机、网关、采集端、触控密码锁组成。上位机布置在远端，将采用集群技术进行通信，网络层使用基于 WIFI 的 TCP/IP 协议栈的 MQTT 通信，通过阿里平台物联网使用 MQTT 网络协议，将采集与控制数据汇聚到 PC 端，上位机可以控制任意数量的网关；网关作为数据交互的控制核心，是上位机与测试主机的桥梁，实现了数据的转发与必要的映射。采集端与网关使用 CAN 总线进行连接通信，采集端用以监控/控制触控密码锁的运行，产生测试数据，监控测试状态，并与网关进行数据交互，是完成测试监控的主体；触控密码锁通过内置的测试程序与采集端通信，完成自身的测试。触控密码锁采用从机当中的 MAC 地址进行编码，作为区分每一个触控密码锁的标识，并作为测试的各个流程中，标识触控密码锁的关键标识。

国内目前电子锁产品最主要生产测试依靠人工判断，存在较大的主观性，不能完全保证出厂的电子锁，全部通过严格测试。而且需要生产大量的电子锁需要使用大量的人力物力，费力又费时。可以代替人工测试，加快生产进度，节省人工成本，确保流通到市场的是经过严格测试没问题的锁。

关键词：触控密码锁 STM32 CAN 总线 生产测试 MQTT

目 录

1 绪论	3
1.1 引言	3
1.2 研究背景	3
1.3 课题来源及研究的目的和意义	3
1.4 主要研究内容	3
2 总体方案	5
2.1 项目总体框架	5
2.2 触控密码锁硬件设计方案	6
2.3 生产集群测试硬件设计方案	7
2.4 触控密码锁软件设计	8
2.5 触控密码锁与生产测试集群通信方案	9
3 硬件设计	11
3.1 触控密码锁硬件整体硬件设计方案	11
3.2 生产集群测试硬件设计	13
4 软件设计	18
4.1 触控密码锁软件设计	18
4.2 生产测试集群软件设计	19
4.3 触控密码锁通信	22
4.4 生产测试集群的通信	22
5 系统功能测试	25
5.1 系统硬件成品测试	25
5.2 测试架实物	27
5.3 PC 软件界面	27
结 论	29
参考文献	30

1 绪论

1.1 引言

产品在生产组装以及到包装出厂期间，是确定产品合格的最后环节，也是检验产品品质的重要环节。因此触控密码锁包装前要经过严格测试，测试包含模拟开锁、高温测试、防爆测试、防磨测试、淋水测试等等，所以批量生产时，要求品质检测员要对触控密码锁在外观品质、功能以及各类组件进行仔细检查，才能每一把生产包装的触控密码锁到达用户能够正常、稳定地使用[1]。

1.2 研究背景

国内目前电子锁产品最主要生产测试依靠人工判断，存在较大的主观性，不能完全保证出厂的电子锁，全部通过严格测试。而且需要生产大量的电子锁需要使用大量的人力物力，费力又费时。而且各个外购电子部件，有的没有测试或就简单测试，就到组装线上进行装配，导致流在市场的锁可能存在问题[2]。因此好的触控密码锁品牌会特别注重质检工艺和质检标准。首先一款触控密码锁产品在批量出厂前需要经过上万次的模拟解锁实验、防爆防磨测试、高温烤箱测试、淋雨箱防湿测试、盐酸箱防腐测试、压力箱防震测试等检验，确保产品的性能。在批量生产时，质检人员会对组装好的锁具在外观、功能以及各类配件附件进行检查，保证每一把出厂的触控密码锁能正常、稳定地使用。

1.3 课题来源及研究的目的和意义

为了满足便捷生产测试的需求，确保出厂包装前充分老化，进而降低了人员在测试的使数量，降低了人力成本占比[3]。分为多路采集端与 PC 交互端，其中采集端使用 STM32F103ZET6 开发，PC 交互端使用 STM32F103ZET6 与 ESP8266 开发，单个采集端 TTL 电平串口通信与被测试的锁进行数据交互，目的是获取当前触控密码锁的工作状态，采集端通过触控密码锁的工作状态，采集获取对应的工作状态电流下的电流，从而判断对应当前触控密码锁是否工作正常，并将信息通过 CAN 总线发送到 PC 交互端。PC 交互端汇总信息采集端信息，使用 WIFI 传输至 PC，由 PC 生成对应每把锁的工作状态报表。从而可以批量检测与老化触控密码锁[4]。

1.4 主要研究内容

掌握 Keil 开发环境及其编程技术，实现 STM32F103ZET6 的驱动和配置，以及掌握

Eclipse 的使用方法和环境配置，使用 ESP8266。通过编程控制与阿里云平台连接 MQTT 通信，并设计好相关围电路。包括采集端和 PC 交互端的硬件设计熟悉 MQTT、CAN 总线与 TTL 电平串口的通信协议，掌握 FreeRTOS 实时操作系统内核开发，熟练使用 C 语言进行编程。设计整体系统。最终不断地调试优化，根据测试结果改善系统[5]。

还需要使用 Altium Designer 19 软件绘制 PCB 与原理图，并熟练使用原理图绘制以及 PCB 绘制。将绘制好的 PCB 送至工厂代加工，回来后需要焊接调试，不行需要在修改原理图与 PCB。

2 总体方案

2.1 项目总体框架

触控密码锁生产测试，为了电子锁在出厂前充分老化，本系统将采用集群技术进行设计，网络层使用基于 WIFI 的 TCP/IP 协议栈的 MQTT 通信，MQTT 是一种轻量级的、灵活的网络协议，并使用阿里云平台作为数据中转，PC 在通过网络访问阿里云后台数据。将其实时显示在电脑荧幕上，提供给工人与测试人员[6]。

生产测试集群单片机 STM32F103ZET6 芯片，并且运行 FreeRTOS 操作系统。使用 CAN 总线进行数据交互，CAN 总线是广播类型的总线。这意味着所有节点都可以侦听到所有传输的报文。无法将报文单独发送给指定节点；所有节点都将始终捕获所有报文。但是，CAN 硬件能够提供本地过滤功能，让每个节点对报文有选择性地做出响应。通过 TTL 电平串口通信与电流采集分析锁的工作状态是否正常，进而达到测试的目的。

项目结构如图 2-1 所示。PC 端主要记录每把测试锁的测试数据，以及作为总测试监控，可以查看到每一个架子，追踪到每一把锁的测试状态，工人与测试人员可以方便的看到，哪些在测试、测试完成与测试异常等。当测试老化结束后由问题的锁，维修人员可以使用锁的 ID 在 PC 端里查询到测试记录，可以辅助维修人员完成维修。

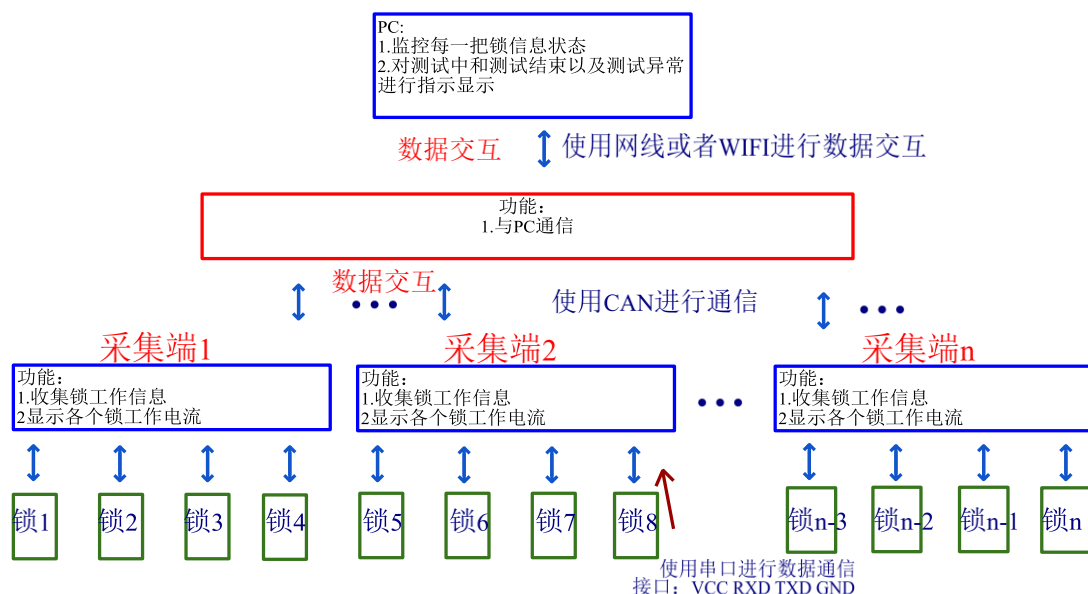


图 2-1 项目结构图

2.2 触控密码锁硬件设计方案

2.2.1 触控密码锁设计

从功能需求开始根据客户需求，触控密码锁设计，包括硬件部分，硬件需要和软件配合实现，硬件与软件现结合讨论得出最后系统框架。硬件按照功能与模块绘制原理图 pcb，软件根据硬件功能确定框架流程。首先要依据我们到底要哪些外围功能以及产品要完成的工作，来进行 CPU 选型，采用 UART 的通讯方式，与外部接口如何连接，最重要的是要考虑电磁兼容[7]。

触控密码锁具有以下功能：触控密码、LED 状态指示、LED 按键背光、低功耗工作、蜂鸣器声音提示、电机驱动等功能。

2.2.2 触控密码锁硬件整体设计框架

如图 2-2 所示。硬件的选型，采用韩国生产的 TSM12 电容触摸芯片，电源采用 TI 的 TPS70933 低功耗芯片，电机驱动采用 LB1938T 芯片，主控采用 STM32L031K6T6 低功耗单片机芯片，主控芯片使用 IIC 总线与 TSM12 触摸芯片进行通信控制，主控通过电机驱动可以实现开状态与关状态，使用无源蜂鸣器作为声源，实际供电使用一节 9V 干电池供电。

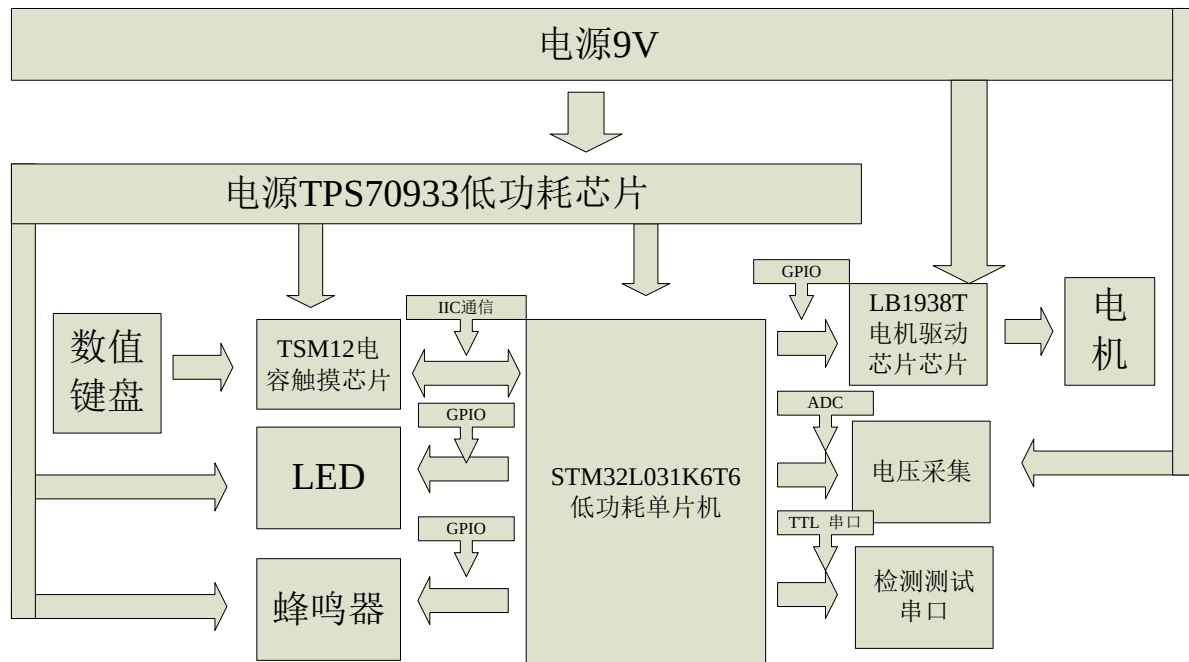


图 2-2 电子指纹锁硬件框架

2.3 生产集群测试硬件设计方案

2.3.1 生产集群系统设计

生产集群系统中采集端功能，根据触控密码生产流程设计定制需求：功能老化、LED 红灯状态检测、LED 绿灯状态检测、LED 黄灯状态检测、LED 背光检测、低功耗工作检测、蜂鸣器工作检测、电机转动检测等功能。状态获取以及状态执行由触控密码锁预留的串口进行数据交互。

采集端要将采集的数据汇总，统一发送到网关，由网关与 PC 汇报各个采集端的状态，以及与锁连接的状态。各个采集端与网关通信使用 CAN 总线方式进行，可以方便的进行拓扑关系连接[8]。

2.3.2 生产集群测试硬件整体设计框架

每个测试架共 4 层，每层布置 8 个测试从机，共布置 $8 \times 4 = 32$ 个测试从机，8 个测试主机，2 个网关，多个货架通过编号分别，编号从 01~99，每个测试从机根据其物理位置，在测试时会有 4 位十进制的临时编号，该临时编号前两位为货架编号，第 3 位为测试架的层数，第四位锁在每一层的相对位置。

在一批次测试中，每个测试从机的位置应当固定，也就根据是测试主机在每一批次所连接的测试从机要固定，否则会直接判为异常。

目前版本，网关采用 ESP8266 与阿里物联网套件与上位机通信，一个网关管理最多 4 个主机，每个主机最多管理 4 把锁，由于 ESP8266 采用 WiFi 进行通信，而 WiFi 设备在数量较大情况下，会出现通信异常，所以必须配备专用路由器，手动配置不同的信道，每个信道所连接的 WiFi 终端数量不应该超过 8 个，也就是每 4 个货架需要一个路由器。

网关和测试主机代码相同，通过硬件区分运行身份，其拓扑逻辑需在程序上固化，并在实际布置时严格要求设置，网关通过自身物理位置生成相关地址参数，通过 MQTT 协议与 PC 通信时，通过该参数分别不同的网关，也就是网关的 MQTT 的相关参数与网关的物理位置相关通过参数确定[9]。

如图 2-3 所示。硬件采用 STM32f103ZET6 为生产集群测试的主控芯片，通信使用 CAN 总线用到 TJA1050 芯片，电源部分使用 MP1584 芯片与 AMS1117-3.3V 芯片，使用检测电流的方法来检测触控密码锁是否工作在正常，检测使用 LM358 将流过 10Ω 电阻，电阻产生的电压进行比例放大在使用 ADC 进行采集，分别使用三个档位无放大、放大 10 倍与放大 100 倍档位切换，可以实现采集安级、毫安级与微安级电流。

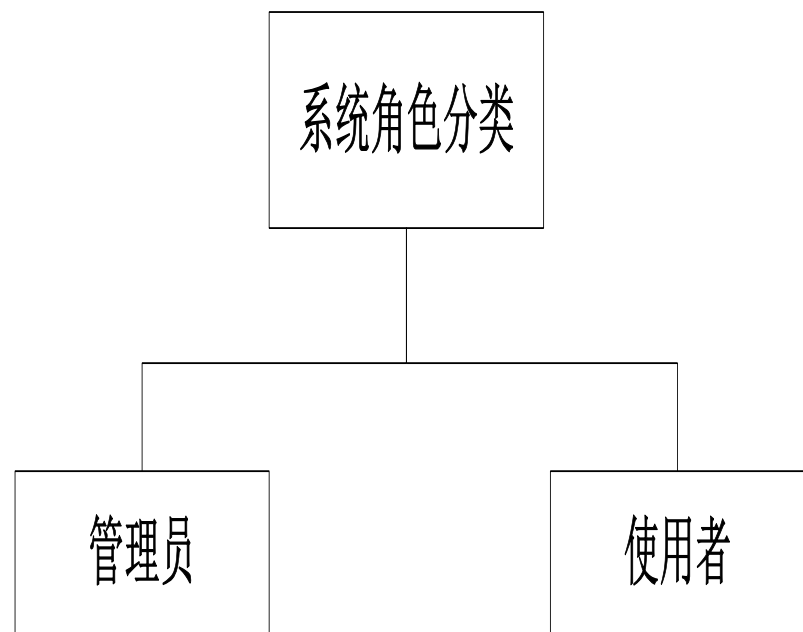


图 2-3 生产集群测试硬件框架

2.4 触控密码锁软件设计

2.4.1 触控密码锁系统整体框架

如图 2-4 所示。触控密码锁实现密码输入、低电压检测，LED 状态提示，蜂鸣器提示、低功耗处理、生产出厂测试等功能。软件主要分两层，应用层与底层驱动，底层驱动主要实现触摸芯片 TSM12 驱动部分、无源蜂鸣器驱动、LED 显示驱动以及测试出厂接口驱动。应用层实现密码输入与密码校对、低电量报警、开锁状态提示、开关锁、低功耗处理与测试出厂应用。



图 2-4 触控密码锁软件框图

2.4.2 生产测试集群系统整体框架

如图 2-5 所示。生产测试集群主要分为网关与采集两部分，采集端主要对测试触控密码锁的电流等状态信息进行收集与处理，通过串口对触控密码锁进行功能测试，如串口发送指令，串口控制亮背光这时采集端对供电电流进行读取，比对是否与预值相差不多，如果相差太多就关闭供电电源结束测试，有测试设备检测到电流异常以及正常检测，也会通过数码管显示当前每一路的测试状态。都会将数据通过 CAN 总线通信发送到网关。网关实现收集各个采集端 CAN 总线的通信发来的数据，进行数据解析并管理，将解析后的数据统一发送到 PC 端，由 PC 端将数据存储起来并显示在屏幕上[10]。



图 2-5 触控密码锁软件框图

2.5 触控密码锁与生产测试集群通信方案

2.5.1 触控密码锁通信方案

设计中，单片机其中一路 UART 作为生产测试以及产前配置出厂信息，在触控密码锁里编写对应的串口命令，实现对应功能。

烧写后的单片机在贴装生产后，默认是在测试模式，仅实现测试硬件的功能，需要通过 UART 对单片机进行工作模式切换，也是使单片机工作在用户模式。

生产后也需要对每一把锁做数据绑定，会通过串口给每一把锁配置一个 MAC 编号，在后续的生产，有这个 MAC 来识别是那一把锁，测试也是通过 MAC 来匹配。

2.5.2 生产测试集群通信方案

生产测试集群包含三部分通信方案，与触控密码锁用过串口进行控制以及数据交互，

通过使用制定指令集实现具体的功能控制，使用波特率 38400，8 位数据和和 1 位停止位的方式来进行通信。

因为每一个采集端串口是有限的，触控密码锁是使用标准串口进行数据交互，进而要进行测试批量触控密码锁时需要用到更多的单片机来实现，使得采集端与网关也需要进行可靠通信，考虑到需要安装以及数据通信方便，设计使用 CAN 总线来实现，可以远距离通信，多设备同时通信，CAN 即控制器局域网络，是工业现场总线的范畴。与 IIC 通信和 UART 通信总线相比,CAN 总线通信有很突出的可靠性、以及实时性和灵活性。

网关部分使用 Wi-Fi 通过电信运营商的通信电缆将数据发送到阿里云 IOT 平台，服务器通过接收来自阿里云 IOT 平台的消息来进行处理，同时服务器通过 IOT 平台向网关发送消息，网关与阿里云 IOT 平台间采用 MQTT 进行通信[11]。

3 硬件设计

3.1 触控密码锁硬件整体硬件设计方案

3.1.1 触控密码锁 STM32L031K6T6 控制核心

在此设计方案中,采用的是STM32L031K6T6低功耗单片机作为主控芯片,以接近8位系统的成本开销获取32位系统的性能。Cortex-M0处理器提供了丰富选项用于进行灵活开发。STM32 L0 MCU的每个部分都通过优化达到了卓越的低功耗水平。且无需外晶振与超低功耗模式中的短唤醒时间及低功耗模式下仍可工作的通信外设。

如图3-1所示。STM32 L0单片机拥有高达64 KB程序存储、8 KB运行存储以及高达2 KB的内部集成EEPROM,在此设计中采用的是LQFP32的封装型号。

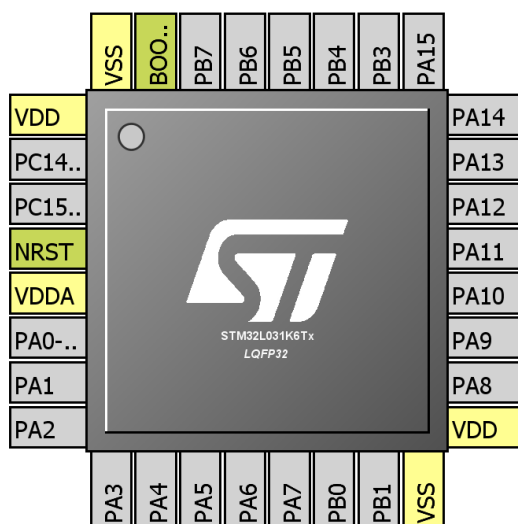


图 3-1 STC8F2K16S2 引脚图

3.1.2 触控密码锁电源与驱动电路

总供电由9V电池提供,系统使用TI的TPS70933电源芯片供电,TPS709xx系列线性稳压器是设计用于功耗敏感类应用的超低静态电流器件。工作只有1 μ A的静态电流,所以使用此电源芯片。

TPS70933支持电池供,电类输入电压范围:2.7V至30V常开系统的理想解决方案。为了增加安全性,TPS70933芯片支持200mA峰值输出件还具有热关断、电流限制和反向电流保护功能。

如图3-2所示。驱动电机使用LB1938T芯片, LB1938T是一个H桥电机驱动器,支

持低压驱动，并具有超低饱和输出在一个超小型封装。LB1938T 提供由两个输入信号控制的正向、反向、制动和待机模式。

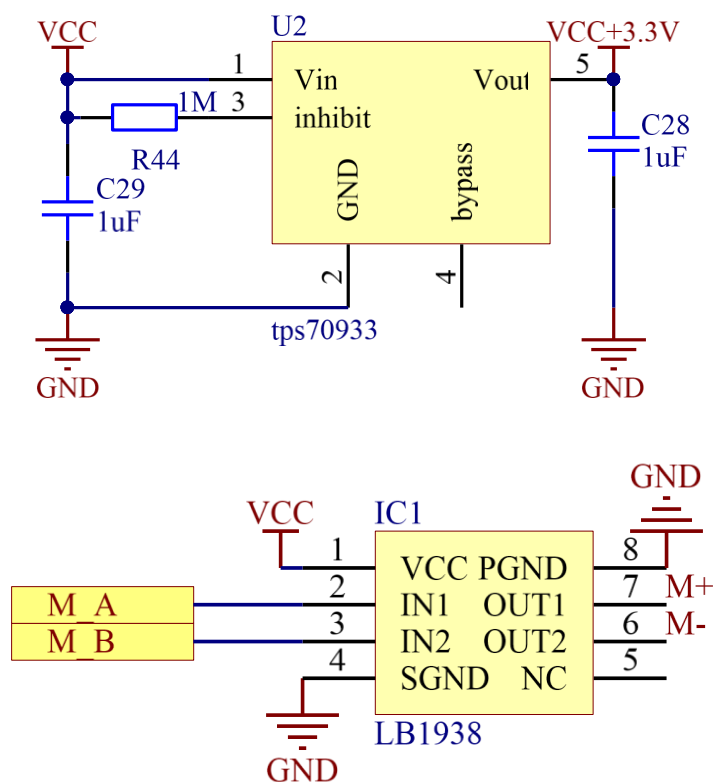


图 3-2 供电与电机驱动电路

3.1.3 触控密码锁键盘电路

如图 3-3 所示。TSM12 芯片是 12 通道电容式触摸传感器、自动灵敏度校准、可选择的输出操作（单模/多模）、触摸强度（低，中，高 3 个步骤内可探测）、嵌入式电源键功能手机应用的通道 1、低功耗、空闲模式节省功耗、I2C 串行接口、8 级可调灵敏度、可调响应时间和中断优先级、多芯片应用的同步功能、可调频率由外部电阻、开漏数字输出、嵌入式高频噪声消除电路，使用 QFN-32 封装。

集群测试选用 STM32F103ZET6 是因为外设丰富，大容量程序存储 ROM 为 512KB，缓存 SRAM 程序 64KB，有高达 5 个 USART 接口，STM32F103ZET6 它支持 CAN 协议 2.0A 和 2.0B。它的设计目标是，以最小的 CPU 负荷来高效处理大量收到的报文。它有多达 18

个 ADC 采集通道，每个通道的 ADC 数据转换可以通过单次或者通过连续采集完成，以及使用扫描或间断模式执行，可以满足程序设计与硬件设计的要求[12]。芯片引脚如下图 3-4 所示。

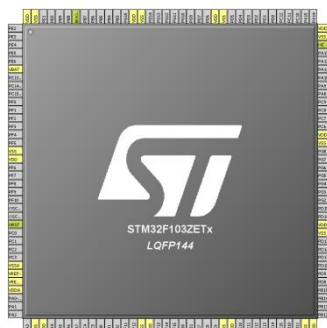


图 3-4 STM32F103ZET6 芯片

3.2.2 生产集群测试电流检测

如图 3-5 所示。电流检测采集使用运算放大器将耗电流流过采样电阻的微弱电压进行放大，通过放大到不同的倍数，可以区分微安级电流，以及毫安级电流，还有安级电流的采集等，使用 LM358 做电流检测放大器集高精度、宽输入共模范围于一体，具有较宽共模输入范围的电流检测放大器[13]。

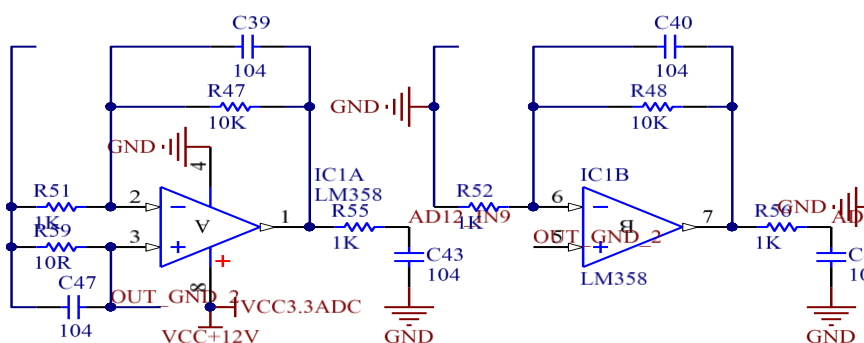


图 3-5 电流采集电路图

3.2.3 生产集群测试电源供电

测试部分电源使用 MP1584 芯片进行降压，此芯片有较高的工作电压输入供电 4.5~28V，调压工作频率使用 1.5MHz，有高达 3A 的输出电流，内部通过 PWM 开关信号控制 MOS 管控制关闭和导通，通过电容和电感充放电进行电压降压的目的。

如图 3-6 所示。系统使用 AMS1117-3.3V 电源提供，是一款正电压输出低压差是三端

线性稳压电路。

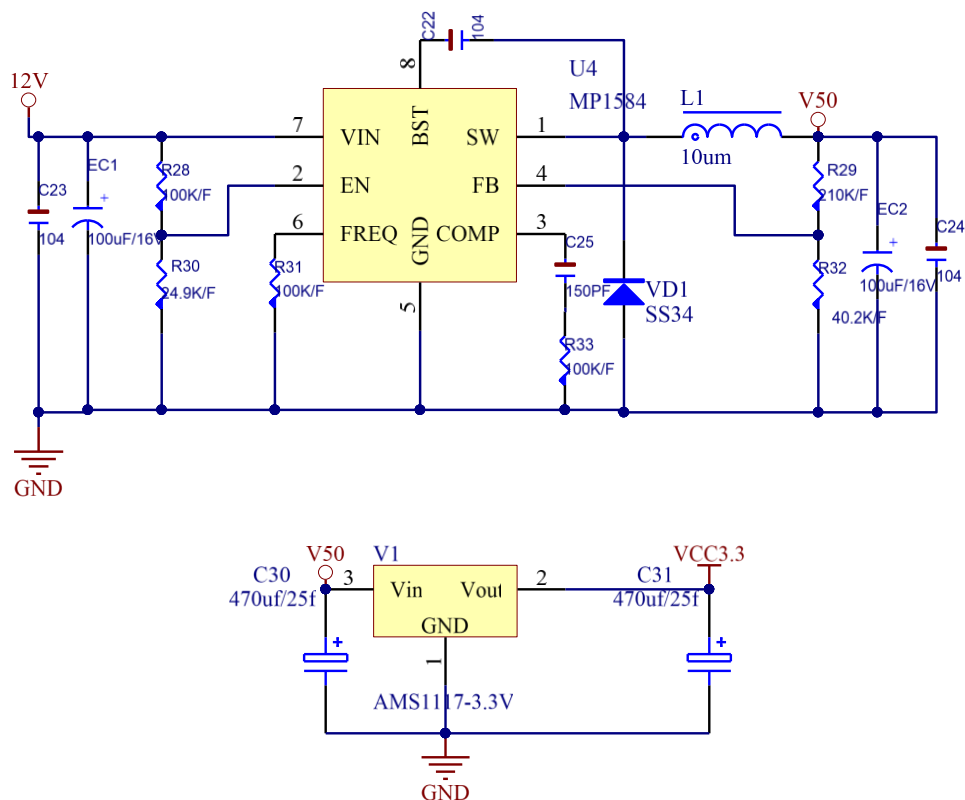


图 3-6 电流采集电路图

3.2.4 生产集群测试 CAN 通信

如图 3-7 所示。STM32f103ZET6 内部有 CAN 总线外设支持，只需要外接 JA1050 芯片进行电平数据转换。且每个 CAN 总线设备末端需要连接一个 120 欧姆电阻，用于 CAN 总线的阻抗匹配，120 欧姆电阻不能省略，不连接会降低数据传输通信时可靠性以及抗干扰性，严重可能导致无法通信。

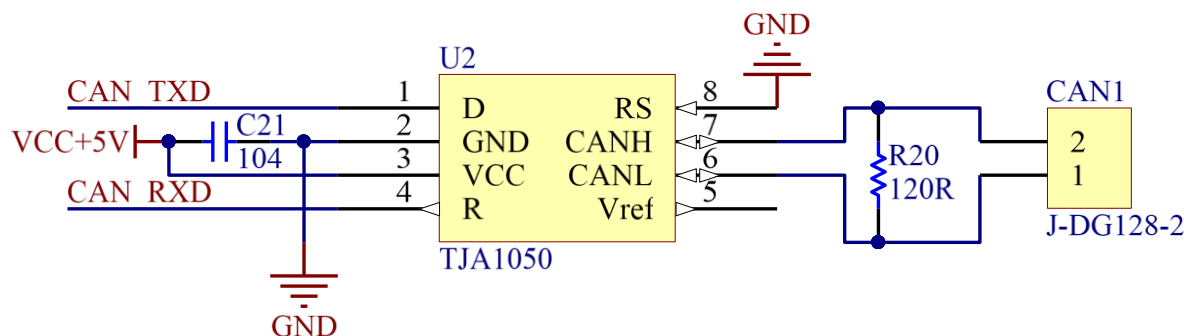


图 3-7 JA1050 芯片电路

3.2.5 生产集群测试控制输出电源

如图 3-8 所示。由单片机控制 mos 导通关闭实现测试端的电源供电，以及在 mos 管串了一可恢复的保险丝，为了防止测试端因短路导致采端电源损坏，以及控制输出也是当电流检测是电流大于预设 50% 时单片机可以控制禁止电源输出。

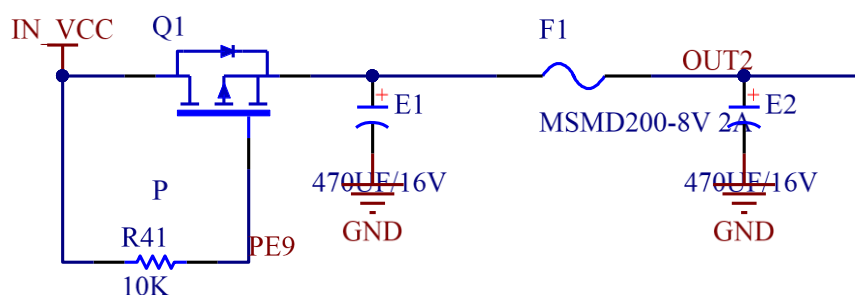


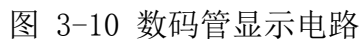
图 3-8 控制输出电源电路图

3.2.6 生产集群测试电流采集校准

如图 3-9 所示。因为由电路考虑到长时间工作运算放大器可能因为温度的变化，导致放大倍数的漂移，以及因为相关器件的如电阻的误差导致 ADC 采集起始值不一样。从而影响采集效果，因此加入了校准电路，有单片机控制继电器导通实现，没导通状态默认连接输出接口，校准时继电器断开与输出连接，这时单片机读取当前每一路在无负载状态下的 ADC 值作为基础值。在将继电器控制与输出连接时就是在基础值之上做数据处理，从而实现电流采集的校准。



如图 3-10 所示。因为要实现交互在没与 PC 交互也要能够独立工作，加入了数码管辅助显示，主要实现状态显示，异常提示，测试完成提示等。



4 软件设计

4.1 触控密码锁软件设计

4.1.1 触控密码锁软件概述

触控密码锁大体分为3个工作模式，正常工作模式、管理员模式与低功耗模式。

正常工作模式包含校验模式及通道模式。

管理员模式是可对锁进行设置，在正常工作模式或者低功耗模式下长按 EMTEK 键 3 秒进入。在管理员模式下输入 6 位管理员密码之后按 1-6 键可分别进行 2.1-2.6 操作，在管理员模式下输入 6 个 0 然后重新上电可恢复出厂设置。更改管理员密码、添加用户密码、删除用户密码、启用/禁用所有用户密码、删除所有用户密码。打开/关闭蜂鸣器。

低功耗模式是在正常工作模式下单击 EMTEK 键或者同时触摸多个数字键唤醒锁进入低功耗模式，系统进入停机状态[14]。

触控密码锁还提供电压检测以及声光提示功能，实现良好的人机交互。

4.1.2 触控密码锁软件功能实现

应用层有两个部分构成，包括 storage 中的数据存储与读取，以及 mach 中的状态机。storage 实现以下功能。对系统的数据进行存储，包括出厂化设置的相关参数、系统运行的相关参数、管理员与用户的密码等；与用户进行交互时，对参数进行判决，例如判断密码是否正确。

通过两个参数来定义状态机的当前状态，其中 __curr_func 用来代表当前状态的响应处理函数，而 __curr_param 用来代表额外参数，系统通过频繁调用 __curr_func 来运行状态机，而所有的响应处理函数统一有三个参数： work_time，代表该状态持续的时间，单位为毫秒，用以同步各个状态下的动作，也就是一个计时器，每当状态切换时清零； key，当前的按键状态，包括无按键按下，0~9，EMTEK 键与多按键状态，具体申明加“sys_param.h”文件； param，额外参数，目前直接将 __curr_param 传入，该参数是为了保证兼容性设计的参数。

每个状态机响应的流程中，按顺序需要包含以下逻辑与动作：对可能的串口数据进行处理；对按键进行去抖等操作；执行状态机的响应函数，为了简化某些状态机的编写，状态机响应程序对硬件操作 API 应当与驱动层的 API 进行一次隔离，在结束状态机的响应函数之后再根据状态机的响应结果调用驱动层的 API；执行副状态机的响应函数，该项视正式编程时确定是否使用，副状态机的作用是为状态机提供一定的辅助，在每个状态过程当中可以灵活使用，例如使用副状态机配合标志位延时一段时间；声光提示的响应，在这里

调用驱动层 API, 同时也要能够将状态机的响应动作在若干毫秒内保持, 提升用户的感受。

4.1.3 触控密码锁状态机实现

如图 4-1 所示。状态机响应的整体方案, 每个状态机响应函数处理以下逻辑: 进入该状态若干时间内应该具有的声光提示; 在该状态下默认的声光提示; 实现与用户的交互, 包含响应用户按键, 更新声光提示状态, 通过驱动层 API 控制系统其他硬件 (例如电机、低功耗动作等)。进行可能的状态转换, 进入下一个状态。

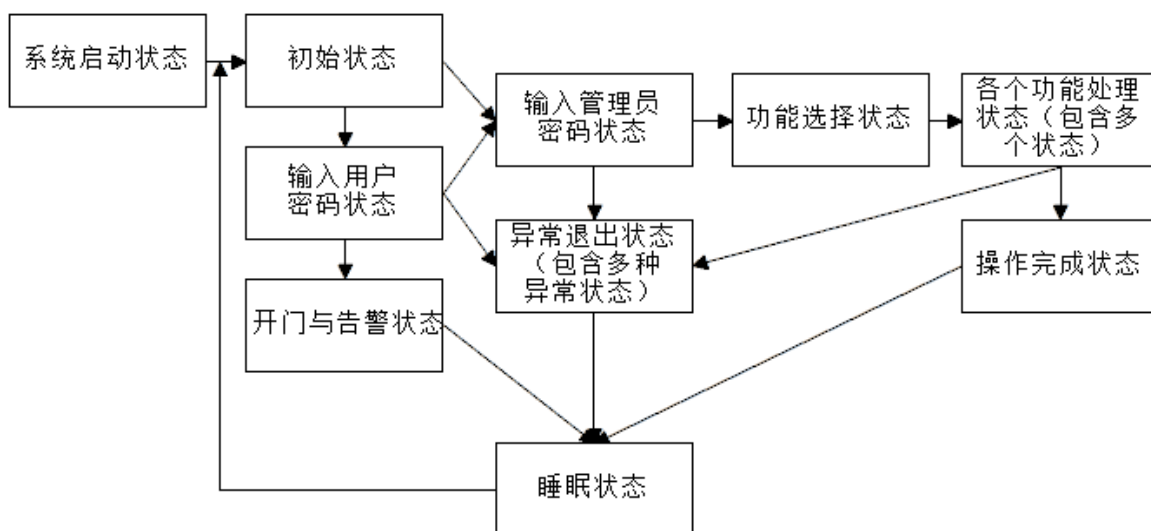


图 4-1 状态机相应流程

4.2 生产测试集群软件设计

4.2.1 生产测试集群软件实现

如图 4-2 所示。采集端与网关都是运行 FreeRTOS 实时操作系统, 相对普通只有一个主循环来说, 操作系统的实时性更高, 也充分利用 STM32F103ZET6 的资源, 数据处理与数据上报延时少了很多, 要处理的数据不会因为 MCU 在处理其他程序而被延时。

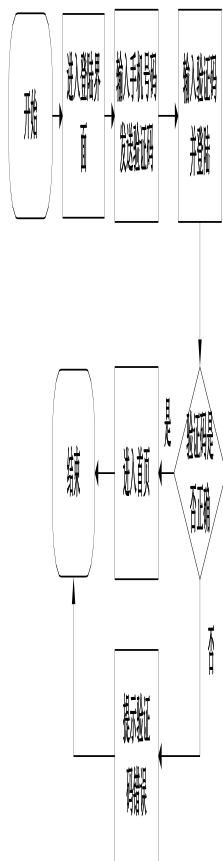


图 4-2 电流采集函数流程图

4.2.2 生产测试集群 ADC 电流采集

如图 4-3 所示。ADC 电流采集主要函数实现，由启动 ADC 采集，判断是否采集完成，未完成采集则等待采集完成，还需要 ADC 采集到的数据进行数据转换，转换成电流数据变量，并且加载到对应的缓冲区，等待应用层函数调用。

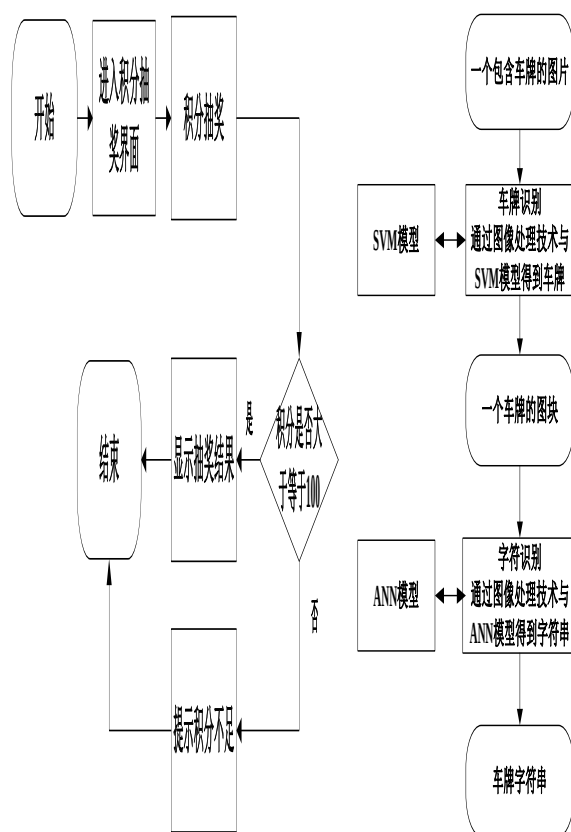


图 4-3 电流采集函数流程图

4.2.3 生产测试集群 CAN 通信发实现

发送方发送流程：首先进行“确定长度”，对于正常发送的数据，如果小于等于 8 个字节且第一个字节小于 FOH，直接作为单节数据发送，否则作为多节数据发送,也就是数据小于 8 字节也有可能作为多节数据发送，例如某一帧数据只有 FFH，也应当作为多节数据发送,对于确认帧，直接按照多节数据发送的逻辑进行发送。

由于程序处于多线程运行模式，每一节数据发送过程中需要使用互斥信号量 Mutex 同步，遵循“获取信号量到发送一帧数据再到释放信号量”的流程进行。

单节数据发送流程为打包到确定缓冲区与缓冲区编号再到单节数据发送然后反馈发送结果。

多节数据发送流程为打包到确定缓冲区与缓冲区编号再到多节数据发送。打包流程为单节数据，打包即是添加足够的 00 使该帧数据达到 8B。额外的 00 可以直接加载 Route 层的缓冲区后面，不需要额外申请内存。

多节数据，第一节数据为包头，一共 8 个字节，且与发送目标无关，可以单独计算并存储，正常发送数据时，数据不需要转义，只需要添加足够的 00 使该节数据长度达到 8B 的整数倍，确定缓冲区与缓冲区编号。

首先要根据帧编号确定是否是旧数据，如果是，则直接采用旧有的缓冲区和缓冲区编号，否则要经过以下流程确定这两个参数，计算打包后的长度 Len，对于单节数据为待发

送数据的长度为 8B，对于多节数据为 B；使用计算出来的 Len，确定数据使用的缓冲区，其要求是“接收方放得下”的尽量小的缓冲区，并依次选择其中一个缓冲区使用；

单节数据发送，获取信号量后，直接将想要发送的数据的相关参数设置好后，发送，最后释放信号量。具体的参数设计规则为节编号固定为 0H，结束标志位为 1。

多节数据发送：取信号量后，按节顺序依次发送，可以等待某一节数据发送成功/失败后再发送另一节数据，注意第一节数据是包头，之后跟着数据，并正确设置结束标志位。当某一节数据发送失败，停止发送并直接判为该帧数据发送失败，反馈给 Route 层，最后释放信号量。

反馈发送结果：单节数据直接通过 CAN 总线的反馈，将发送结果告知 Route 层。

4.3 触控密码锁通信

触控密码锁使用串口进行命令控制，如发送命令，%1 为项目的编号，%2 为软件版本号，%3 为硬件版本号，%4 为 mac 地址，作为设备唯一标识，为一个 64bit 的二进制数，十六进制格式，以"/n"为结尾，下同，该命令用以调试时候从日志获取版本信息使用。

锁内部固化编写了读取版本号、读取设备编号、点亮绿灯、点亮红灯、点亮黄灯、打开键盘背光、关闭亮灯与开关蜂鸣器等等一系列命令控制。提供给生产测试使用，可以使用命令检测锁是否工作正常，也可以配合生产测试集群完成一系列测试流程。

4.4 生产测试集群的通信

4.4.1 生产测试集群通信数据

数据通信系统由 API 层、数据处理层、数据通信层、物理传输层构成。其中 API 层提供数据的各种接口，供数据通信系统与系统的其他部分交互；数据处理层用来维护数据的正确性，并根据数据点的特征进行相关逻辑；数据通信层提供了数据通信帧的封装；物理传输层提供了数据通信的物理通道，提供数据通信帧的传输、还原与校验。

数据处理层处理的数据按照数据点来进行管理，数据点包括几个参数：

数据点 ID，用以唯一标识一个数据点，可以直接访问的范围从 0~32767，32768~65535-256 作为扩展使用，剩余 256 个数据点作为控制信息使用，数据点 ID 的数据类型为“整型”，具体规划见后；

数据点类型，暂时支持整型、自定义类型与复合类型，其中整型采用可变长度封装方式，而自定义类型是采用“数据长度加数据类型”的格式，复合类型用以同时传输多个数据；

数据通信层提供了数据通信帧的封装，每一帧数据包含了源地址、目标地址、协议数据、帧编号等内容，数据通信层不包含封装功能，具体的封装由物理传输层实现，其中数

据通信帧提供的功能为：数据的传输，将某所有数据都是支持双向读写的，由数据处理层来判决动作是否合法；数据的更新请求，请求数据源更新该数据点数据，并触发数据源的数据传输；终端、网关地址规则：8Byte 的值，其中第 8 个 bit 保留，00 代表网关，0F 代表所有终端广播，01-0E 是测试设备主机地址，71 是 PC 的地址，72 是 WiFi 内部控制器的地址，7A 是 WiFi 反馈信道的地址。

物理传输层提供具体的物理通信通道，并将实现可能的拆包、拼包、校验与差错检测，物理传输层根据具体的物理硬件进行设计。

4.4.2 生产测试集群通信数据封装协议

整型数据的编码规则：采用可变长编码方法，每个 Byte 数据的最高字节代表数据是否结束，其他 7 个字节为数据内容，将数据按照小端格式，将对应的二进制数据放到若干个 Byte 中，如果存在负数，可以将负数符号放置于最后一个 bit 当中。

自定义数据的编码用数据长度加自定义的数据。

例如要发送字符串 123456，则编码为 07 31 32 33 34 35 36 00。

复合数据的编码规则：按照数据点的顺序，将所有数据按顺序发送，中间不需要增加任何的编码符号。例如存在一个整型数节点与一个自定义类型节点，它们作为一个复合类型进行发送，整型数为 500，自定义类型需要发字符串 1234，则复合类型编码为 F4 03 05 31 32 33 34 00。

4.4.3 生产测试集群与 PC 端通信协议

上位机、8266 与网关之间采用以下协议，除了控制字外，所有大于 F0H 的数据均要转义。

如表 4-1 所示。除了特别说明以及非数字字节流，数字均为小端 16 进制格式。

表 4-1 生产测试集群与 PC 端通信协议

名称	长度	说明
Head	1B	FF
版本号	1B	01
命令编号	1B	01：正常发送的数据帧
发送地址	1B	
目标地址	1B	
帧编号	2B	用来标识每一帧
数据	可变	待通信的数据
DataEnd	1B	FC
CRC 校验	4B	从 FF 到 FC 之间的数据在转义前进行 CRC32 校验的结果
END	1B	FE

4.4.4 生产测试集群 CAN 总线通信协议

如表 4-2 所示。打包的规则与上一小节网关与上位机之间的规则类似，但不进行转义。协议的缓冲逻辑适合一对一通信，当需要一对多通信时，需要相应提供更多的内存和相关逻辑支持。拆包即将打包的结果按照 8B 字节为单位，按节的先后顺序发送。

表 4-2 生产测试集群 CAN 端通信协议

名称	长度	说明
多帧标志	1B	F0H
命令编号	1B	0X: 正常发送的打包数据 10: 确认帧-接收成功 20: 确认帧-接收失败
帧编号	2B	用来标识每一帧
CRC 校验	4B	“数据”的 CRC32 校验的结果
数据	可变	待通信的数据

拼包即是接收方接收到每一节数据后，将其重新还原为一整个包的数据，并且取出其中有效数据的过程。

每一节数据有三个参数，一个是节编号，第二个是缓冲区编号，第三个是结束标志，其中节编号是每一节数据在对应数据包中的位置，缓冲区编号是用来标识该数据用的缓冲区，该缓冲区只是接受方使用，发送方只是确保接收方的缓冲区足够大，并且极大概率不是有效数据；而结束标志为 1 时代表数据结束。缓冲区共 8 个，0~3 为 64B 的缓冲区，4~5 为 128B 的缓冲区，6~7 为 256B 的缓冲区[15]。

5 系统功能测试

5.1 系统硬件成品测试

如图 5-1 所示。触控密码锁测试包含 logo 背光，黄色显示由红色与绿色两种颜色同时亮组成，蓝色数字背光，亮灯主要看 LED 是否损坏，虚焊，漏焊等。以及响蜂鸣器与触摸数字键，测试触摸功能是否正常等，成品实物与 PCB 3D 效果。

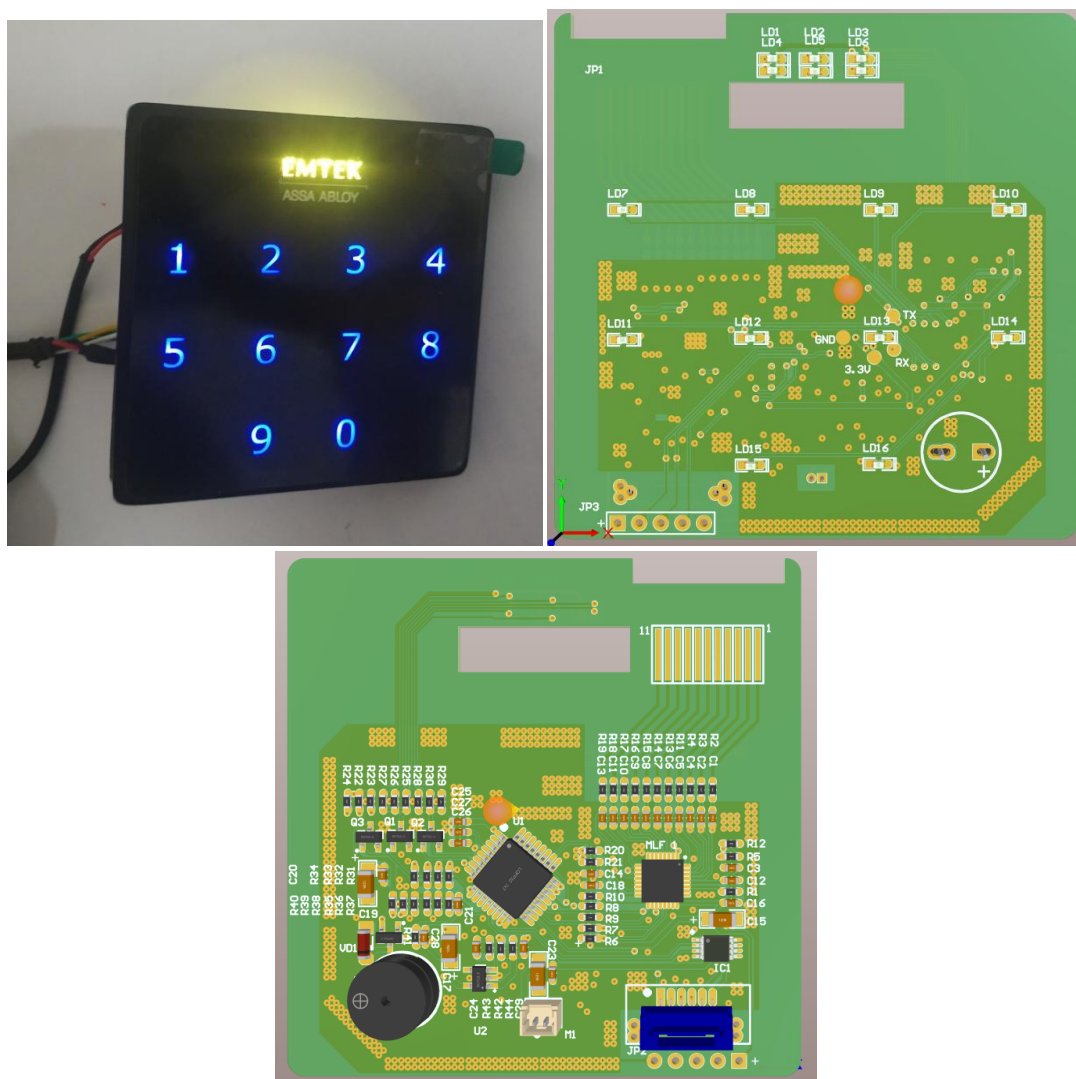


图 5-1 触控密码锁成品图

如图 5-2 所示。生产集群测试电路板包含最小系统焊接，电源部分测试，ADC

采集电路焊接测试等，以及 CAN 总线通信测试，校准电路测试，输出供电开关测试，成品实物与 PCB 3D 效果。

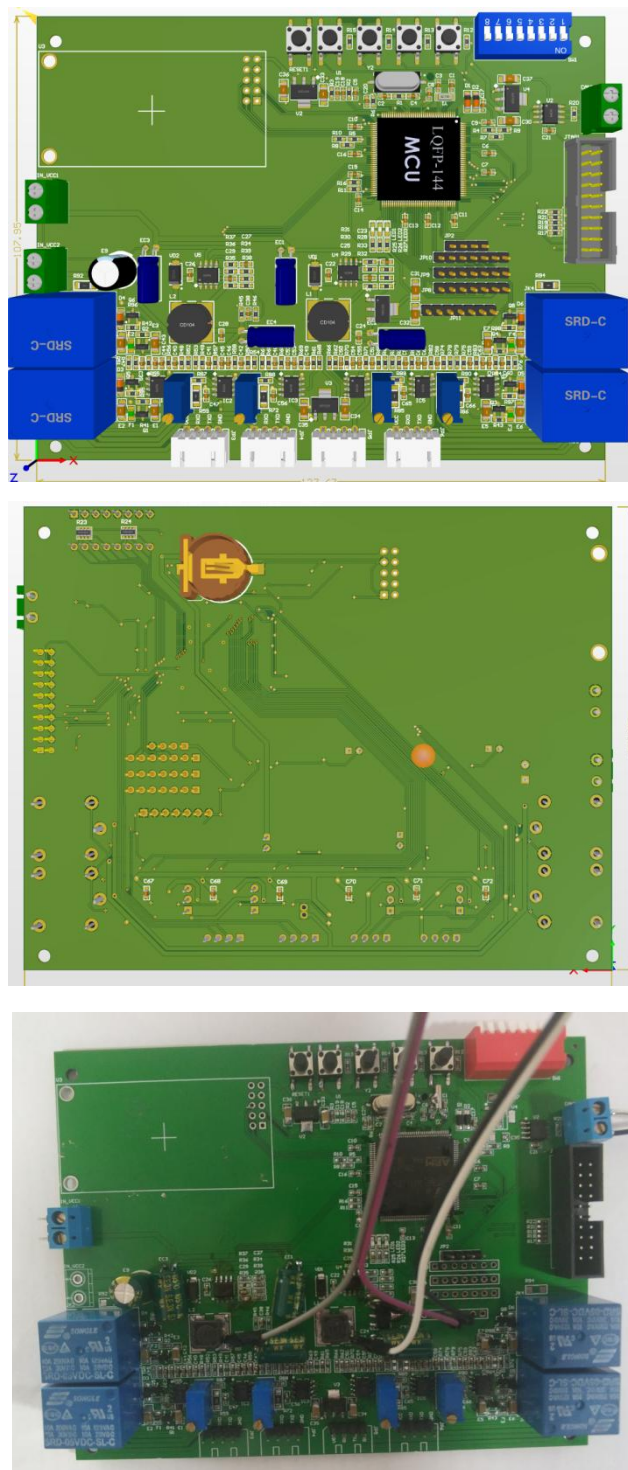


图 5-2 生产集群测试成品

5.3 PC 软件界面

1

127.0.0.1

设备列表 3	运行设备 2	断机设备 1	告警设备 0						
设备编号	网关MAC	产品型号	硬件版本	软件版本	协议版本	运行状态	告警状态	当前地址	操作
01	0123456789	TS001	v0.0.1	v0.0.1.001	v0.1.0	Running	无	0	查看详情 删除设备

图 5-4 PC 显示界面

结 论

触控密码锁及生产集群测试系统设计，系统分为两部分，触控密码锁与生产集群测试，触控密码锁的初衷是设计一款可商业化生产的、具备远程管理功能的触控密码锁，并且尽可能地降低功耗。同时，希望设计能够尽可能人性化并且切合市场。从结果来看，目前的设计方案完整地实现了目标，整个设计实现了低功耗运行、超低功耗待机、性价比高、具备远程控制功能的目标，并且方案完善地考虑了通信安全性和设计人性化。生产集群测试是协助生产，可以代替人工测试，加快生产进度，节省人工成本，确保流通到市场的是经过严格测试没问题的锁。

经过测试和验证，完成了以下目标：

（1）设计的硬件电路稳定安全，在系统运行过程中即保持了自身的低功耗，又满足了系统需求。

（2）设计了触控密码锁，实现了在正常工作模式或者低功耗模式下长按 EMTEK 键 3 秒进入。在管理员模式下输入 6 位管理员密码之后按 1-6 键可分别进行操作，在管理员模式下输入 6 个 0 然后重新上电可恢复出厂设置。更改管理员密码、添加用户密码、删除用户密码、启用/禁用所有用户密码、删除所有用户密码。打开/关闭蜂鸣器，触控密码锁还提供电压检测以及声光提示功能，实现良好的人机交互。

（3）设计了生产集群测试系统，实现了对触控密码锁工作状态监控，并且将触控密码锁的测试状态上发到 PC，而且可以对工作状态进行判断，是工作在正常还是异常，电子部分是否短路以及短路进行判断，在非正常状态下可以断开对触控密码锁的供电等功能。

（4）实现了触控密码锁的低功耗设计，整体待机功耗低，运行时间长。

此次设计也或多或少地存在不少问题，也存在一些没有做到完美的功能，包括以下几个部分：

（1）生产集群测试目前使用 WIFI 与 PC 端通信，后期将改 RJ45 接口与 PC 端通信，可以减少数据掉帧的问题。

（2）对触控密码锁的工作状态监控，目前使用 ADC 对电流的采集，ADC 的采集精度还有提高的范围。

（3）测试类别，目前只是针对触控密码锁做的生产集群测试，后期可以扩展，升级为可以适用更多类别的电子锁的测试。

参考文献

- [1] 黄金桂,季强,李洁. 关于智能门锁市场发展分析——以南京市江宁区为例分析[J].经营者,2017(29):60-61.
- [2] 许加凯,王思城.多功能自识别电控锁具的研制[J].山东电力技术,2016,43(4):61-65.
- [3] 李晓辉.物联网开放体系架构发展研究[J].中国电子科学研究院学报,2016,11(5):478-482.
- [4] 钟良骥,桂学勤,廖海斌.基于 MQTT 的物联网平台设计与分析[J].邵阳师范高等专科学校学报,2014(12):57-60.
- [5] 吴会青,李华东,朱梅梅.基于 ZigBee 的智能锁的硬件设计[J].电脑知识与技术,2018(9):265-266.
- [6] 周江.STM32 单片机原理及硬件电路设计研究[J].数字技术与应用,2015(11):1-1.
- [7] 王英辉.电子加密和智能报警系统的设计与研究[J].科技创新与应用,2017(05):21-22.
- [8] 胡为兵,吴浩,郭芬.无线电智能电子锁主控器系统设计[J].河南科技,2013(19):111-111.
- [9] 王思远,朱敏玲,温智博.基于 RSA 算法的智能锁设计[J].计算机系统应用,2018(5):56-64.
- [10] 卿勇.智能家居发展及关键技术综述[J].软件导刊,2017(1):196-198.
- [11] 何葳.大数据时代的智能化机遇和挑战[J].物联网技术,2018(3):97-98.
- [12] 丁祥青.新一代智能终端创意设计发展思考[J].科技创新与生产力,2015(2):43-44.
- [13] 李文彬.基于 WiFi 的智能插座系统设计[J].物联网技术,2018,8(5):70-71.
- [14] Jin,Ho,Jeong;Choi,Yeong,Seok;Cho,Choon,Sik;Kim,Young-Jin.Zigbee transmitter using a low-power high-gain up-conversion mixer.[J].Microwave & Optical Technology Letters,2018,60(1):277-280.
- [15] 李凯.物联网中的短距离无线通信技术运用分析[J].中国新通信,2017(20):94.