

西安邮电大学

毕业设计（论文）

题目：_____基于嵌入式的智能电表系_____

学院：_____自动化学院_____

专业：_____自动化_____

班级：_____自动 1403_____

学生姓名：_____张一乐_____

学号：_____06141104_____

导师姓名：_____张英_____职称：高级工程师_____

起止时间：2017 年 12 月 5 日至 2018 年 6 月 10 日

毕业设计（论文）声明书

本人所提交的毕业论文《基于嵌入式的智能电表系统》是本人在指导教师指导下独立研究、写作的成果，论文中所引用他人的文献、数据、图件、资料均已明确标注；对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式注明并表示感谢。

本人完全理解《西安邮电大学本科毕业设计（论文）管理办法》的各项规定并自愿遵守。

本人深知本声明书的法律责任，违规后果由本人承担。

论文作者签名：

日期： 年 月 日

西安邮电大学本科毕业设计(论文) 选题审批表

| | | | | | |
|----------------|---|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|
| 申报人 | 张英 | 职称 | 高级工程师 | 学院 | 自动化 |
| 题目名称 | 基于嵌入式的智能电表系统 | | | | |
| 题目来源 | 科研 | | | 教学 | 其它 <input checked="" type="checkbox"/> |
| 题目类型 | 硬件设计 <input checked="" type="checkbox"/> | 软件设计 <input type="checkbox"/> | 论文 <input type="checkbox"/> | 艺术作品 <input type="checkbox"/> | |
| 题目性质 | 实际应用 <input checked="" type="checkbox"/> | 理论研究 <input type="checkbox"/> | | | |
| 题目简述 | <p>在我国的仪表行业中,电能表的使用范围最广,因为高新技术以及电子信息技术的不断发展和进步,出现了越来越多比较先进的抄表产品,这些产品不仅可以报警而且可以进行数据计量,逐渐的代替了原来的机械部件,而且由于配件的自动化系统不断的发展,最终取代了传统的电子模式,这种电能表的扩展功能对电表有重要的意义,有利于进行电表的自动化集成,这是电表发展的主要趋势.</p> | | | | |
| 对学生知识要求 | <p>掌握微机原理与接口技术及单片机原理及应用,理解嵌入式系统的基本组织结构与工作原理,具有一定的模拟电路技术基础及网络通信原理,熟悉常用传感器原理及使用方法,具有嵌入式软件设计能力及解决实际问题的动手能力。</p> | | | | |
| 预期目标 | <p>设计基于嵌入式的智能电表系统,可进行用电参数计量及远程记录,如电压,电流,功率,功率因素,电量等参数,当用电超负荷时自动断电并通过网络报警.</p> | | | | |
| 时间进度 | <p>2017 年 12 月 05 日—2017 年 12 月 10 日 选取毕设题目 2017 年 12 月 11 日—2018 年 01 月 06 日 查阅资料,撰写提交开题报告 2018 年 01 月 07 日—2018 年 03 月 04 日 确定系统架构设计方案 2018 年 03 月 05 日—2018 年 03 月 31 日 系统软件程序设计 2018 年 04 月 01 日—2018 年 04 月 15 日 软硬件的联合调试 2018 年 04 月 16 日—2018 年 04 月 31 日 系统功能完善 2018 年 05 月 01 日—2018 年 05 月 25 日 撰写毕业设计论文 2018 年 05 月 26 日—2018 年 06 月 01 日 修改、装订论文 2018 年 06 月 02 日—2018 年 06 月 10 日 准备毕业答辩</p> | | | | |
| 系(教研室)主任 签字 | 年 月 日 | | 主管院长 签字 | 年 月 日 | |

西安邮电大学毕业设计 (论文)成绩评定表

| | | | | | | | |
|---------|--|----|---|-------|----------|---------|-----------|
| 学生姓名 | 张一乐 | 性别 | 女 | 学号 | 06141104 | 专 业 班 级 | 自动 1403 班 |
| 课题名称 | 基于嵌入式的智能电表系统 | | | | | | |
| 指导教师意见 | <div>评分（百分制）：_____ 指导教师(签字)：_____ 年__月__日</div> | | | | | | |
| 评阅教师意见 | <div>评分（百分制）：_____ 评阅教师(签字)：_____ 年__月__日</div> | | | | | | |
| 验收小组意见 | <div>评分（百分制）：_____ 验收教师(组长)(签字)：_____ 年__月__日</div> | | | | | | |
| 答辩小组意见 | <div>评分（百分制）：_____ 答辩小组组长(签字)：_____ 年__月__日</div> | | | | | | |
| 评分比例 | 指导教师评分(20%) 评阅教师评分(30%) 验收小组评分(30%) 答辩小组评分(20%) | | | | | | |
| 学生总评成绩 | 百分制成绩 | | | 等级制成绩 | | | |
| 答辩委员会意见 | <div>毕业论文(设计)最终成绩(等级)：_____</div> <div>学院答辩委员会主任(签字)：_____ 年__月__日</div> | | | | | | |

目 录

| | |
|-------------------------------|----|
| 摘 要..... | I |
| ABSTRACT..... | II |
| 第一章 引言..... | 1 |
| 1.1 课题背景..... | 1 |
| 1.1.1 选题背景及意义..... | 1 |
| 1.1.2 智能电表的国内外发展现状..... | 1 |
| 1.2 本论文的主要研究内容..... | 2 |
| 第二章 背景知识..... | 3 |
| 2.1 STM32 单片机介绍..... | 3 |
| 2.2 STM32F103C8T6 主控器介绍..... | 4 |
| 第三章 设计方案与功能介绍..... | 6 |
| 3.1. 系统设计方案..... | 6 |
| 3. 2 系统实现功能..... | 6 |
| 3.2.1 用电参数信息采集模块..... | 7 |
| 3.2.2 用电参数信息交互模块..... | 7 |
| 3.2.3 用电超负荷报警模块..... | 7 |
| 3.3 设计原则..... | 7 |
| 第四章 系统硬件设计..... | 8 |
| 4.1 硬件总体设计..... | 8 |
| 4.2STM32 单片机核心电路模块..... | 8 |
| 4.3 用电参数信息采集模块..... | 10 |
| 4.3.1 交流电压电流互感器模块电路设计..... | 10 |
| 4.4 用电参数信息交互模块..... | 12 |
| 4.4.1LCD 1602 显示模块..... | 12 |
| 4.2.3 ESP8266WIFI 模块电路设计..... | 12 |
| 4.5 用电超负荷报警模块..... | 13 |
| 4.5.1 通过蜂鸣器本地报警..... | 13 |
| 4.5.2 通过网络发送报警数据..... | 14 |

| | |
|-------------------------|----|
| 4.6 硬件设计环境..... | 14 |
| 4.7 硬件设计总结..... | 15 |
| 第五章 系统软件设计..... | 16 |
| 5.1 主程序软件设计..... | 16 |
| 5.2 用电参数信息采集模块..... | 17 |
| 5.3 用电参数信息交互模块程序设计..... | 17 |
| 5.4 用电超负荷报警模块程序设计..... | 18 |
| 5.5 软件设计环境..... | 18 |
| 5.6 软件设计总结..... | 19 |
| 第六章 调试..... | 20 |
| 6.1 系统调试..... | 20 |
| 6.1.1 系统程序调试..... | 20 |
| 6.2 硬件测试..... | 20 |
| 6.2.1 静态调试..... | 20 |
| 6.2.2 动态调试..... | 21 |
| 6.3 调试结果..... | 21 |
| 6.3.1 上电调试硬件..... | 21 |
| 6.3.2 远程数据传输..... | 21 |
| 6.3.3 最终调试结果..... | 23 |
| 6.4 调试结果总结..... | 23 |
| 结束语..... | 24 |
| 致 谢..... | 25 |
| 参 考 文 献..... | 26 |
| 附录 A: 电路原理图..... | 27 |
| 附录 B: 实际结果图..... | 28 |
| 附录 C: 程序代码..... | 29 |

摘 要

随着现代社会的发展,近年来,电子产业的发展使人们的生活水平不断提高,智能电表的发展成为一种趋势。智能电表不仅改变了传统的电力管理的工作模式,能够通过远程通讯技术进行抄表,更是减轻了人力资源的消耗。本课题设计智能电表系统,用来解决电表数据抄写问题,可用于用电参数计量及远程记录,并且用电超负荷可通过发送报警信息,极大地保障了用电安全。

本设计由 STM32F103C8T6 为主控芯片的单片机核心板电路,采用了模块化的设计思想,硬件包括: STM32F103C8T6 单片机核心板模块电路、交流电压电流检测模块电路、LCD1602 液晶显示模块电路、WIFI 模块电路。通过各个模块来实现电表的数据显示,远程传输,报警等功能,使电表具有了简单的智能。论文详细介绍了系统软硬件设计过程,并给出了实现方案。

智能电表的设计可实时监测负载的用电参数,可通过 LCD1602 液晶实时显示交流电压、交流电流、功率,并且将交流电压、交流电流、功率和电量通过 WiFi 模块实时上传到手机 APP。当功率超过一定限度时,继电器自动断开,同时系统给手机 APP 发送报警信息,蜂鸣器鸣叫报警。通过理论分析和测试结果,表明该系统符合设计要求,具有良好的发展前景。

关键词: 智能电表; STM32 单片机; WiFi; 电能计量;

ABSTRACT

With the development of modern society, in recent years, the development of the electronic industry has kept people's living standards improving, and the development of smart meters has become a trend. Smart meters not only change the traditional mode of power management, the ability to use the remote communication technology to copy the meter, it has reduced the human resources consumption. This topic design smart meter system, which is used to solve the problem of electric meter data copy, can be used for electric parameters measurement and remote record, and through electrical overload can send alarm information, greatly guarantee the safe electricity. This design by STM32F103C8T6 as main control chip microcontroller core board circuit, adopted the modular design idea, hardware including: STM32F103C8T6 microcontroller core board module circuit, ac voltage current detection module circuit, LCD1602 LCD display module, the WIFI module circuit. Through various modules to realize the data display, remote transmission, alarm and other functions, the electricity meter has simple intelligence. The software and hardware design process of the system is introduced in detail, and the implementation scheme is given.

The design of smart meters can real-time monitoring the load of electricity parameters, through LCD1602 LCD real-time display ac voltage and ac current, power, and the ac voltage and ac current, power and power through the WiFi module real-time uploaded to the APP. When the power exceeds a certain limit, the relay automatically disconnects, and the system sends the alarm message to the mobile APP, and the buzzer calls the alarm. The theoretical analysis and test results show that the system meets the design requirements and has good development prospects.

Key words: Smart meter; STM32F103C8T6; WiFi. Energy measurement

第一章 引言

1.1 课题背景

1.1.1 选题背景及意义

随着中国经济的迅速发展，全国对于电能的需求量也是与日俱增，电能的使用及发展对于世界经济的发展起着至关重要的作用，而在以上因素中可能我们重点关心的就是供电可靠性、安全性、电能质量及电力管理服务，在不可逆转的智能化的社会潮流下将如何快速、高效、精准地为用户提供高质量电能及高品质电力用户管理服务成为电力行业发展的基础，而且也是国家电网在今后的发展建设道路上所坚持的原则所在。

世界最大的清洁能源--电能，如何有效利用和合理管理已成为全球电力工业共同发展的目标。智能电网作为未来电力系统发展的新趋势，受到各国能源部门的积极推动和推动。在我国，传统用电管理模式对用户的用电量仍采用管理员上门抄表的方法。这种费时费力的抄表方法不仅麻烦，打扰居民的正常生活，对他们的生活带来诸多不便，同时增加了管理人员的工作量，而且存在很多弊端，其精度较差，工作效率比较低，电量数据需要人工抄表而不能实时传输。为了适应现代社会的需求，实现电表的智能化，因此设计了基于 STM32 单片机的高精度智能电表系统，可以提供安全、合理、便捷的用电环境。本次设计的电表由电压电流测量电路、STM32 核心电路、LCD 显示器、WIFI 通信接口、报警电路及电源等组成，具有用电参数计量、实时显示、信息交互、超负荷报警等功能。该设计采用 STM32F103C8T6 为主控芯片的单片机核心板电路，通过电压互感器 TV1005M 和电流互感器 TA1005M 分别检测交流电压和交流电流值，采集的信号进行实时测量、信息存储和处理，以及网络通信。采用用于电路设计的著名设计软件 Altium Designer 进行硬件电路图的设计，通过 STM32 单片机开发板设计出智能电表系统，用来解决电表数据抄写问题，成功解决了人力抄表所造成的人力资源浪费，经过本课题的研究和实验结果表明，本次设计的智能电表硬件简单、功能较强、环境适应能力强、成本较低，可成为比较成熟的抄表系统产品。

1.1.2 智能电表的国内外发展现状

随着全球智能化的发展，电能表的智能化、信息化已成为目前全球电力发展的新趋势。在这种形势下，我们势必得大力推动电表的智能化，以响应国家“十二五”经济战略的号召。推进智能电表的发展，不仅是顺应电力运行发展趋势的需求、有利于经济社会发展，也是为千家万户服务的民生工程，为我们的生活带来了便捷。

虽然不同国家不同地区的经济发展水平和电网设备发展存在差异。但最终我们的目的都是实现电表的智能化发展，实现绿色用电、节能环保、安全至上的目标。为了这个目标，我们必须加快发展智能化设备的进程。

综上所述，智能电表的市场需求将随着世界智能电网的加速建设而继续增长，尽管包括中国在内的世界的力量和进步将有所不同，但市场将继续增长。电表的智能化发展将有不可阻挡的趋势。

1.2 本论文的主要研究内容

本设计由 STM32F103C8T6 为主控芯片的单片机核心板电路，采用了模块化的设计思想，硬件包括：STM32F103C8T6 单片机核心板模块电路、交流电压电流检测模块电路、LCD1602 液晶显示模块电路、WIFI 模块电路。通过各个模块来实现电表的数据显示，远程传输，报警等功能。经过对这些芯片及测量点的初探,成功完成了智能电表硬件所有的接线,并且给出了软件设计部分的依据-流程图。论文具体研究内容如下：

第一章：引言，课题的研究背景、目的和意义及智能电表的国内外发展现状。本课题提出的智能电表设计具有远程传输及报警功能，确保用户安全用电；

第二章：智能电表设计的背景知识，主要介绍本设计所使用的 STM32F103 单片机核心电路板以及 STM32F103C8T6 主控器介绍；

第三章：智能电表的总体结构，包括系统的总体设计，以智能电表的软硬件设计，以及智能电表所实现的功能介绍；

第四章：系统硬件设计，主要介绍了基于单片机的智能电表硬件设计环境，各模块的硬件设计原理图和硬件描述，以及各个模块的连接方式；

第五章：系统软件设计，编译所使用的软件及环境介绍，主要程序讲解，各功能模块的程序设计及所实现的功能介绍；

第六章：调试结果，软件调试结果和硬件调试结果；

第二章 背景知识

2.1 STM32 单片机介绍

本文所选单片机主控芯片为 STM32 单片机，STM32 系列处理器是基于 ARM7 架构的 32 位微控制器，支持实时仿真和跟踪。STM32 系列集成度高，开发方便。基于工业标准处理器和大量的软硬件开发工具，STM32 单片机成为各类中小型项目的理想选择和完整的平台解决方案。比较容易开发，可使产品快速将进入市场。STM32 单片机主系统由四个驱动单元和四个无源单元组成，通过一个多级的 AHB 总线架构相互连接，如图 2.1 所示。

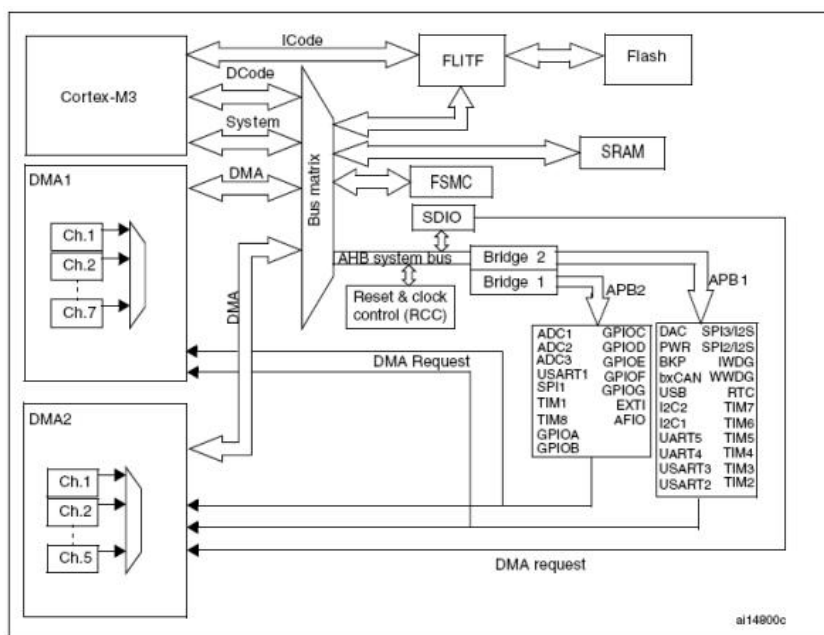


图 2.1 系统结构

STM32 单片机主要特性：

- （1）内核：ARM32 位 Cortex-M3CPU，最高工作频率 72MHz，1.25DMIPS/MHz。单周期乘法和硬件除法。
- （2）存储器：片上集成 32-512KB 的 Flash 存储器。6-64KB 的 SRAM 存储器。
- （3）时钟、复位和电源管理：2.0-3.6V 的电源供电和 I/O 接口的驱动电压。上电复位（POR）、掉电复位（PDR）和可编程的电压探测器（PVD）。4-16MHz 的晶振。内嵌出厂前调校的 8MHzRC 振荡电路。内部 40 kHz 的 RC 振荡电路。用于 CPU 时钟的 PLL。带校准用于 RTC 的 32kHz 的晶振。
- （4）低功耗：3 种低功耗模式：休眠，停止，待机模式。为 RTC 和备份寄存器供电的 VBAT。

(5) 调试模式：串行调试（SWD）和 JTAG 接口。

(6) DMA：12 通道 DMA 控制器。支持的外设：定时器，ADC，DAC，SPI，IIC 和 UART。

(7) 3 个 12 位的 μs 级的 A/D 转换器（16 通道）：A/D 测量范围：0-3.6V。双采样和保持能力。片上集成一个温度传感器。

(8) 2 通道 12 位 D/A 转换器：STM32F103xC, STM32F103xD, STM32F103xE 独有。

其引脚功能定义如图 2.2 所示，

| 外设 | | STM32F103Tx | | STM32F103Cx | | | STM32F103Rx | | | STM32F103Vx | |
|----------|------------------|--------------------------|----|-------------|----|-----|-------------|----|-----|--------------------|-----|
| 闪存(K字节) | | 32 | 64 | 32 | 64 | 128 | 32 | 64 | 128 | 64 | 128 |
| RAM(K字节) | | 10 | 20 | 10 | 20 | 20 | 10 | 20 | | 20 | |
| 定时器 | 通用 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | | 3 | |
| | 高级 | 1 | | 1 | | | 1 | | | 1 | |
| 通信 | SPI | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | |
| | I ² C | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | |
| | USART | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | | 3 | |
| | USB | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | |
| | CAN | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | |
| 通用I/O端口 | | 26 | | 32 | | | 51 | | | 80 | |
| 12位同步ADC | | 2 10通道 | | 2 10通道 | | | 2 16通道 | | | | |
| CPU频率 | | 72MHz | | | | | | | | | |
| 工作电压 | | 2.0至3.6V | | | | | | | | | |
| 工作温度 | | -40至+85° C / -40至+105° C | | | | | | | | | |
| 封装 | | VFQFPN36 | | LQFP48 | | | LQFP64 | | | LQFP100, BGA100 | |

图 2.2 引脚功能定义图

2.2 STM32F103C8T6 主控器介绍

本次设计所选用的主控器为 STM32F103C8T6，STM32F103 单片机采用 Cortex-M3 内核，CPU 最高速度达 72 MHz。STM32F103C8T6 是一款基于 ARM Cortex-M 内核 STM32 系列的 32 位的微控制器，程序存储器容量是 64KB，选用其作为主要芯片的原因为简单易开发，对于本次毕设来说，STM32F103C8T6 是个不错的选择。STM32F103C8T6 引脚图如图 2.3 所示。

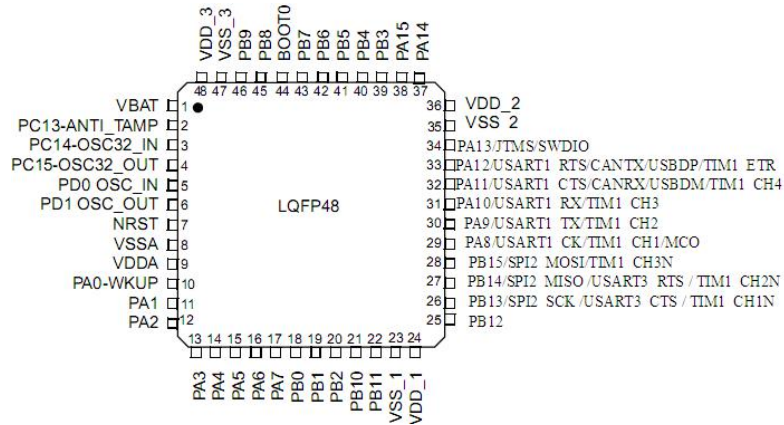


图 2.3STM32F103C8T6 引脚图

STM32F103C8T6 基本参数如图 2.4 所示。

STM32F103C8T6 参数介绍：

| | |
|-----------|---------------------------------|
| 存储器容量： | RAM:20KB |
| 计时器数： | 3 |
| 封装形式： | LQFP |
| 工作温度范围： | -40° C to +105° C |
| 针脚数： | 48 |
| 工作温度最低： | -40° C |
| 工作温度最高： | 105° C |
| 串行通讯： | 1xSPI, 1xI2C, 2xUSART, USB, CAN |
| 位数： | 32 |
| 器件标号： | (ARM Cortex) STM32 |
| 存储器类型： | FLASH |
| 定时器位数： | 16 |
| 封装类型： | 剥式 |
| 接口类型： | CAN, I2C, SPI, UART, USB |
| 时钟频率： | 72MHz |
| 模数转换器输入数： | 10 |
| 电源电压 最大： | 3.6V |
| 电源电压 最小： | 2V |
| 芯片标号： | 32F103CB |
| 表面安装器件： | 表面安装 |
| 输入/输出线数： | 32 |
| 闪存容量： | 128KB |

图 2.4 STM32F103C8T6 基本参数

第三章 设计方案与功能介绍

3.1.系统设计方案

本设计由 STM32F103C8T6 单片机核心板电路、交流电压电流检测模块电路、LCD1602 液晶显示电路、WIFI 模块电路、蜂鸣器报警电路组成。可通过 LCD1602 液晶实时显示交流电压、交流电流、功率和电量，并且将交流电压、交流电流、功率和电量通过 WiFi 模块实时上传到手机 APP。当功率超过 200W 时，继电器自动断开，同时系统给手机 APP 发送报警信息。同时蜂鸣器鸣叫报警，否则蜂鸣器不报警。系统不给手机 APP 发送报警信息。

本系统具体框图如图 3.1 所示：

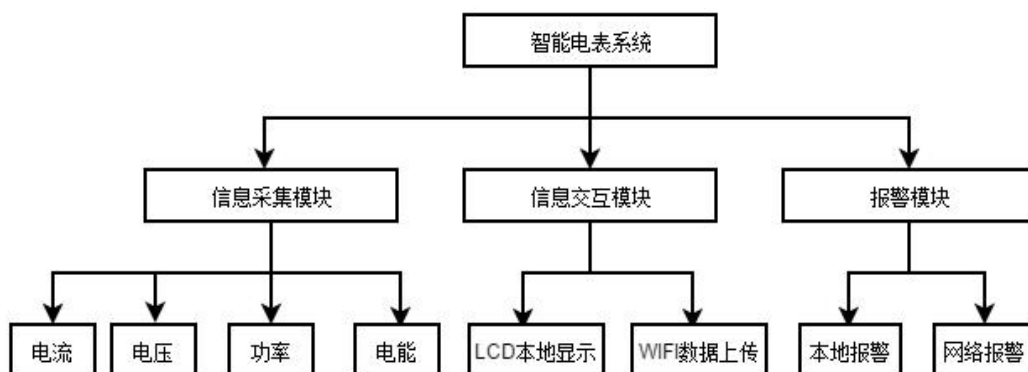


图 3.1 智能电表结构图

3.2 系统实现功能

智能电表系统的关键技术在将电压、电流、功率、电能等电量参数准确化采集及计量，并且将数据通过 WIFI 实时上传到手机 APP，可实现远程数据收集，用电超负荷可自动断电可并通过网络报警，系统的精确性、安全性是设计整个系统的核心。本设计中使用了单片机技术与通信原理技术，选用了远距离通信的 WIFI 模块与低功耗的单片机，实现了智能电表用电参数计量及远程记录及网络报警的功能。

系统主要通过交流电压电流检测模块对用电量进行检测，除此之外，系统还配有 LCD 显示屏，显示屏可以显示当前电压、电流、功率、电能。用户可以通过本地报警及网络报警，安全高效的用电。

本系统可实现的功能如下：

（1）通过电压互感器 TV1005M 和电流互感器 TA1005M 分别检测交流电压和交流电流值，可通过 LCD1602 在本地实时显示；

（2）手机 APP 和 WiFi 模块互联后，可以实现交流电压、交流电流、功率和电量实时显示在手机上；

（3）当功率超过 200W 时，继电器自动断，开同时系统给手机 APP 发送报警信息，蜂鸣器鸣叫报警，功率不超过 200W 时，可以手动控制继电器的开关。

3.2.1 用电参数信息采集模块

智能电表最主要的功能是准确的检测出用电参数如电压、电流、功率、电能等，本设计采用的是电压互感器 TV1005M 和电流互感器 TA1005M 分别检测交流电压和交流电流值，电压电流信号经过取样、滤波、AD 转换后获得数字信号，在经过计算后得到功率和电能。

3.2.2 用电参数信息交互模块

本设计所做的智能电表既可将数据通过 LCD1602 显示屏在本地显示，也可通过 WIFI 模块将数据实时上传到手机 APP，WiFi 通信技术具有性能稳定、覆盖面积广、传输距离远等优点，可以实现电表的无线通信，这样用户可通过电表及时控制用电量，管理员也可通过远程参数计量，这样既解决了挨家挨户登门查询带来的麻烦，节省了大量时间、精力，比较便捷，省时，又可以节约用电，实现绿色用电。

3.2.3 用电超负荷报警模块

用电超负荷是指用电器的用电量超过变压器的负荷能力了，严重的超负荷用电会导致电压降低，影响电压品质，造成电线加剧发热、绝缘老化加速，加大了引起用电设备火灾和用户被电击的事故的概率。通过超负荷报警系统可降低危险事件的发生，保障了用户的安全用电，用电超负荷，本地断电并且蜂鸣器报警，也可通过 WIFI 发送报警信息到手机，既安全又便捷。

3.3 设计原则

本系统的主要设计原则有以下几点：

（1）低功耗设计原则：该系统设计采用了意法半导体公司的低功耗单片机 STM32，及一系列低功耗，且功耗可控型元器件，使系统实现低功耗。

（2）模块化设计原则：该系统设计采用了模块化的设计方案，主要分为单片机核心板电路、交流电压电流检测模块电路、LCD1602 液晶显示电路、WIFI 模块电路、蜂鸣器报警电路。通过模块化的设计思想系统的稳定性和可靠性得到了提升，系统所设定的功能都得到了实现。

（3）安全性及精确性设计原则：系统选用的元器件具备抗干扰的特性，并优化电路整体布局，减少系统自扰现象。通过滤波利用保障了系统的安全稳定运行，也使采集到的数据更加精确。

第四章 系统硬件设计

4.1 硬件总体设计

本设计由 STM32 单片机核心板电路+交流电压电流检测模块电路+WIFI 模块电路+蜂鸣器报警电路组成。通过电压互感器 TV1005M 和电流互感器 TA1005M 分别检测交流电压和交流电流值，计算出功率和电能，可通过 LCD 显示屏本地显示，手机 APP 和 WiFi 模块互联后，可以将交流电压、交流电流、功率和电量实时显示在手机上。当功率超过 200W 时，继电器自动断开，蜂鸣器报警，手机上显示报警信息。功率不超过 200W 时，可以手动控制继电器的开关。

本系统具体框图如图 4.1 所示：

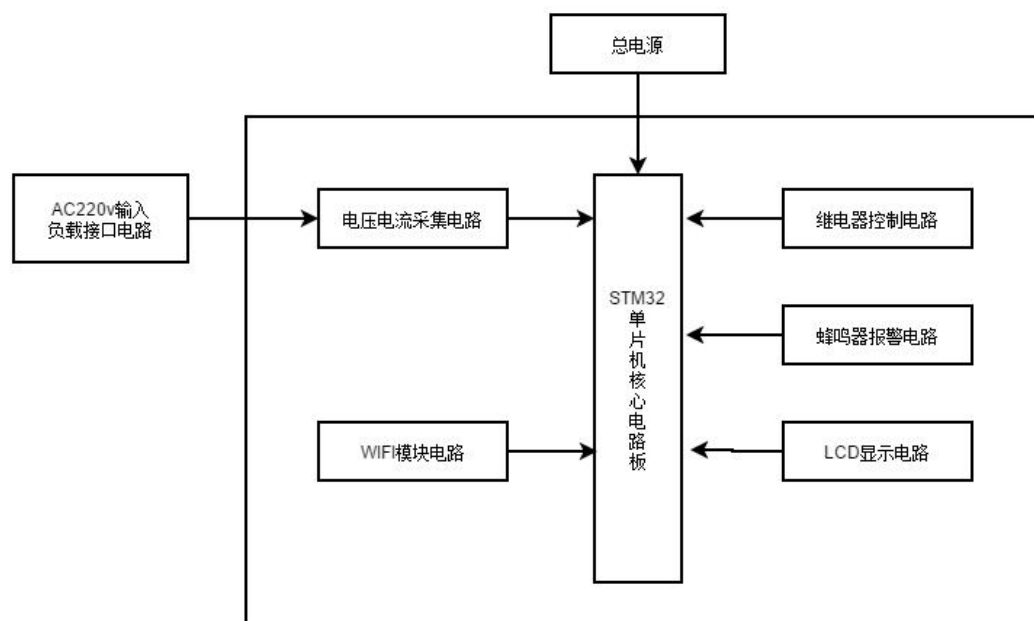


图 4.1 系统总体结构

4.2 STM32 单片机核心电路模块

本文所选单片机控制芯片为 STM32 单片机，STM32 系列处理器是意法半导体 ST 公司生产的一种基于 ARM 7 架构的 32 位、支持实时仿真和跟踪的微控制器。选择此款控制芯片是因为本系统设计并非追求成本的最低或更小的功耗，而是能够提供更丰富的接口和功能以便实现本设计功能，且提供了各实验项目所需的外围扩展电路。此款控制芯片在完成单片机课程的学习后上手较为容易，在医疗器械中应用广泛，具有很好的学习、实验研究价值。所以选择 STM32 单片机的主要原因如下：

(1) STM32 的主要优点：使用 ARM 最新的、先进架构的 Cortex-M3 内核；优异的实时性能，杰出的功耗控制；优秀的创新外设，最大程度的集成整合，易于开发，使产品快速进入市场。

(2) STM32 是最佳的选择可以选择采用固件库开发，大大缩短开发周期，比较容易上手，成为了市场上更多人的选择。性价比高，32 位的控制器有着接近于 16 位甚至高端 8 位控制器的价格。选型简单，从 48 到 144 引脚，101-107 各系列，F1,F2,F4 三代，低成本和多功能让我们有了更多的选择。功能丰富，从工控，小嵌入式均能胜任。

STM32F103C8T6 单片机核心板接口电路图如图 4.2 所示。

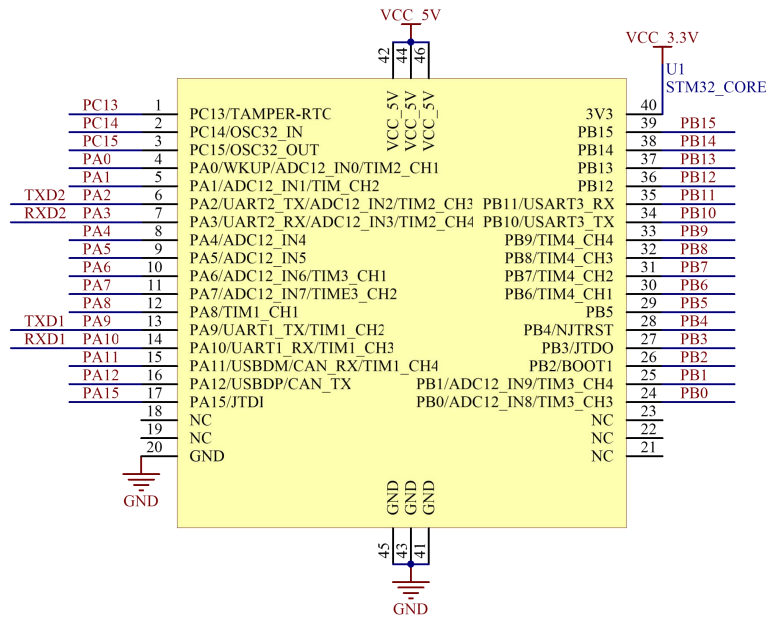


图 4.2 STM32 单片机核心板接口原理图

STM32 单片机核心板内部电路图如图 4.3 所示。

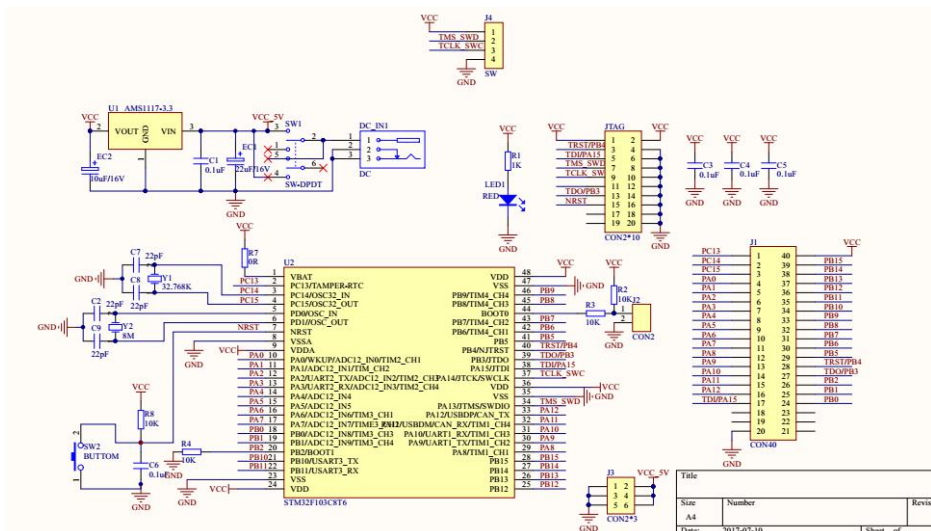


图 4.3 STM32 单片机核心板内部原理图

STM32 单片机实物图如图 4.4 所示。

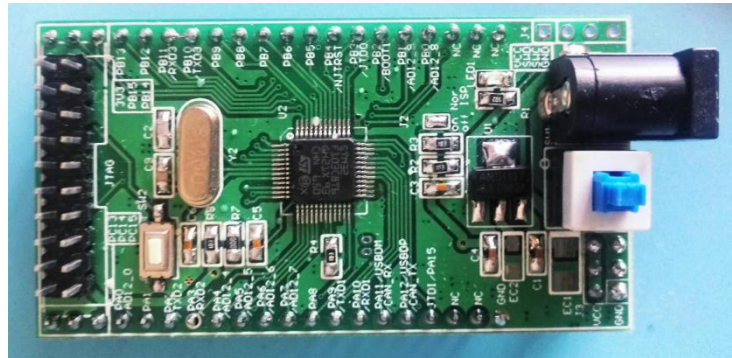


图 4.4 STM32 单片机核心板实物图

4.3 用电参数信息采集模块

4.3.1 交流电压电流互感器模块电路设计

本设计通过交流电压电流互感器模块来检测交流电压和交流电流值，以及通过 5V 继电器电路来负责是否切断。交流电压互感器型号为 TV1005M，交流电流互感器型号为 TA1005M。

交流电压电流互感器模块内部具体原理图如图 4.5 所示。

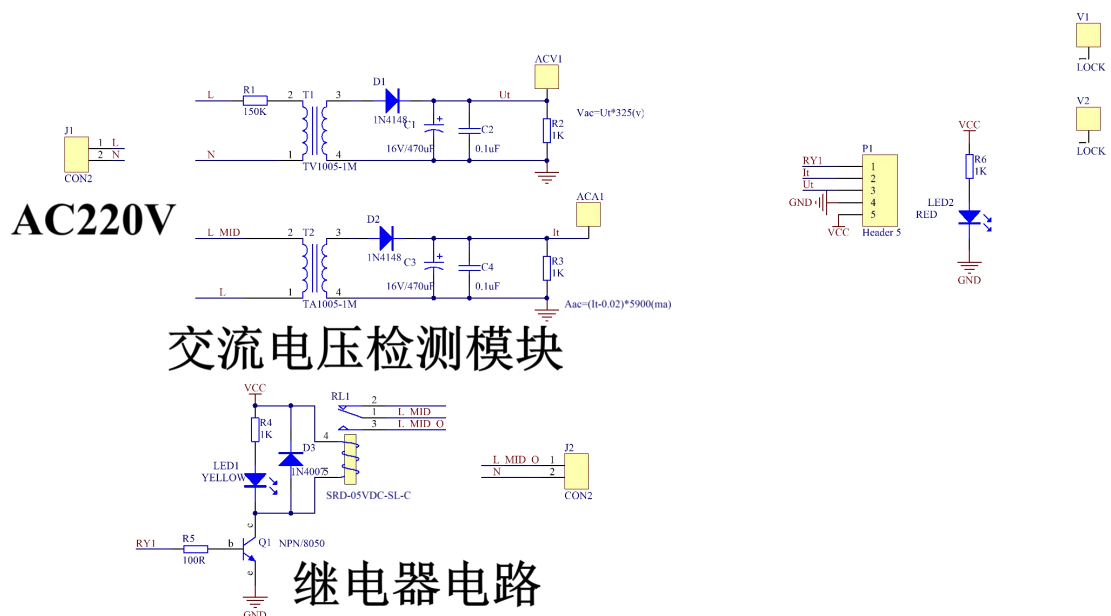


图 4.5 交流电压电流模块原理图

交流电压检测是通过电压互感器将 220V 市电转换为 0-5V 低压直流电压，单片机通过数模转换后得到数字量，得到本次设计所需的电流电压值，本此设计

电压互感器型号选择的是 TV1005M，其作用是：把交流电压按比例关系变更成 100V 或更低品级的二次电压，电压互感器固然也是依照电磁感应原理工作的装备，但它的电磁布局关系与电流互感器相比恰好相反。电流互感器型号选择的是 TA1005M 使用交流电流互感器：将交流电流转换成 0-5V 的直流电源电流。TA1005M 可以检测最大交流电流为 5A，选择其原因是体积较小，测量精度较高，安全。电压电流检测框图如图 4.6 所示。

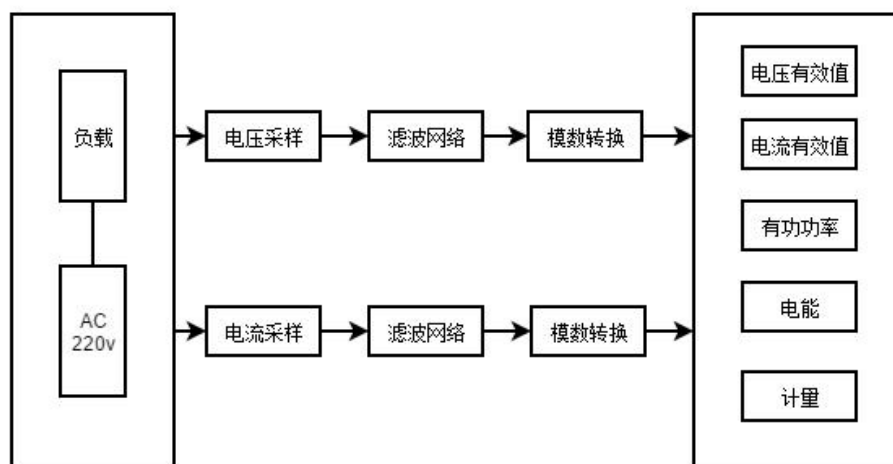


图 4.6 电压电流检测框图

交流电压电流互感器模块接口图如图 4.7 所示。交流电压电流互感器模块实物图如图 4.8 所示。



图 4.7 交流电压电流模块实物图

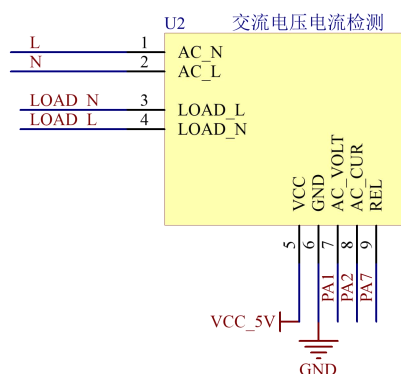


图 4.8 交流电压电流模块接口图

交流电压电流模块管脚连接：如图 4.5 引脚 vcc 接 5v 电源，引脚 GND 接地，数据口对应的是 STM32F103C8T6 的 PA 端口，引脚 AC_VOLT 接 PA1, 引脚 AC_CUR 接 PA2，引脚 REL 接 PA7。

4.4 用电参数信息交互模块

4.4.1 LCD 1602 显示模块

在本次设计中，主要通过使用 LCD1602 液晶显示屏来在本地显示出实时用电数据，如电流、电压、功率、电能，以方便用户根据实用电量及的进行有效的控制。此次毕设中所采用的液晶显示屏是一个 16*02 字符型液晶显示屏，编程简单且稳定可靠，显示原理简单易懂。LCD1602 显示屏实物图与引脚图如图 4.9 所示，LED 灯指示电路原理图如图 4.10 所示。

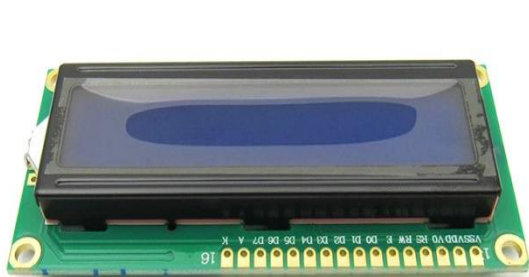


图 4.9 LCD1602 显示屏实物图

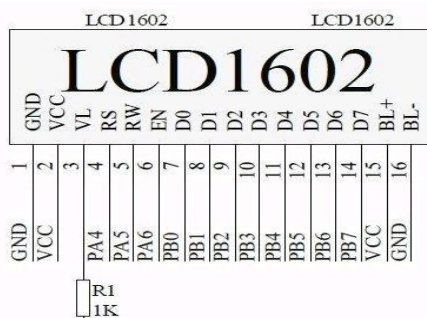


图 4.10 LCD1602 显示屏引脚图

LCD1602 采用标准的 16 脚接口，连接时应注意：

(1) LCD 数据口 D0~D7 对应的是 STM32F103C8T6 的 PB 端口，依次从 PB5 接入到 PB15。如图 LCD 引脚 VSS 和引脚 VCC 是需要接+5V 电源正极的。在实际当中 STM32 核心板电源引脚较少，需将其+5V 电源极引出单独给 VCC、VSS 供电。

(2) 引脚 V0 为液晶显示屏对比度调整端，在本次设计中加入了 10k 的电位器，可通过其调节显示屏对比度大小，达到清晰的显示。

(3) 引脚 R 是一个选择寄存器端口，相对应连接的是 STM32F103C8T6 的 PB 端口开发板 PB5 端口。选择数据寄存器时则需要置高电平，选择指令寄存器时则需要置低电平。

(4) 引脚 RW 是读写信号，连接在 STM32F103C8T6 核心开发版 PB 端口的 PB6 端口。

(5) 引脚 E 是使能端，连接在 STM32F103C8T6 的 PB 端口核心开发版 PB7 端口。

(6) 引脚 15、16 是 LCD 背灯点亮电源，15 引脚 BLA 是 背灯电源的正极，接入电源正极，6 引脚 BLK 是背灯电源的负极接入外接电源接地引脚。

4.2.3 ESP8266WIFI 模块电路设计

本次课题数据的远程传输采用的是WiFi模块来实现的，所采用的WiFi模块型号为ESP8266，是一款超低功耗的UART-WiFi 透传模块，其超低能耗技术和封装尺寸在市场上广受欢迎，为了使物理设备与物联网进行连接所设计的，可以便捷快速的将自己的设备与其进行连接，使用互联网传送数据，实现联网功能。在本设计中，选择ESP8266WIFI模块作为信息的传输模块，因为其易开发且稳定性强，覆盖性强，传输距离远，可通过使用物理设备连接WiFi，的此设计采用的是手机上第三方软件‘TCP连接’，通过手机连接WiFi，打开APP，进行地址和端口设置，连接设备，借用第三方软件将数据传送到用户的手机。管理者可通过远程监测获得所需的数据，可通过手机获得电压、电流、功率、电能等用电参数，实现了远程数据传输，为用户和管理者带来便利。WIFI模块实物图如图4.11所示及引脚图如图4.12所示。

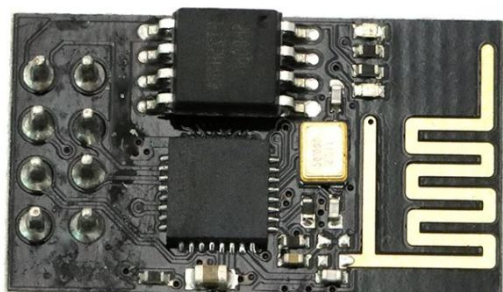


图 4.11 WIFI 模块实物图

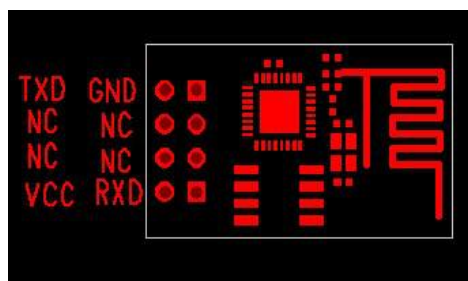


图 4.12 WiFi 模块引脚图

WiFi模块电路图如图4.13所示。

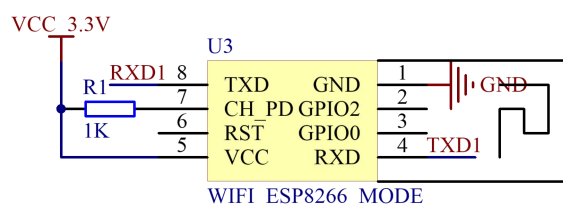


图 4.13 WIFI 模块电路接口图

WiFi 模块电路管脚连接：WiFi 模块的引脚 TXD 连接 STM32F103C8T6 核心开发板的 RXD1 端口,引脚 RXD 连接 STM32F103C8T6 核心开发板的 TXD1 端口，引脚 GND 接地，引脚 VCC 接 3.3v 电源电压为 WiFi 模块供电，引脚 CH_PD 接 1k 电阻接电源正极。

4.5 用电超负荷报警模块

4.5.1 通过蜂鸣器本地报警

本设计为智能电表，用电超负荷将通过蜂鸣器本地报警，也就是当接入负载的功率超过了设定值（200w）就会断开继电器，停止供电，同时蜂鸣器鸣叫，保障了用户的用电安全。蜂鸣器原理：电磁式蜂鸣器由振荡器、电磁线圈、磁铁、振动膜片及外壳等组成。接通电源后，振荡器产生的音频信号电流通过电磁线圈，使电磁线圈产生磁场。振动膜片在电磁线圈和磁铁的相互作用下，周期性地振动发声。蜂鸣器实物图如图 4.14 所示，蜂鸣器原理图如,4.15 所示，蜂鸣器管脚图如图 4.16 所示。



图 4.14 蜂鸣器实物图

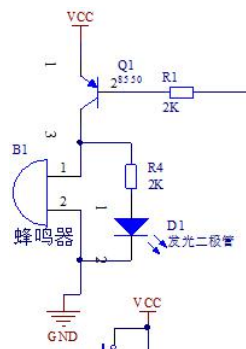


图 4.15 蜂鸣器原理图

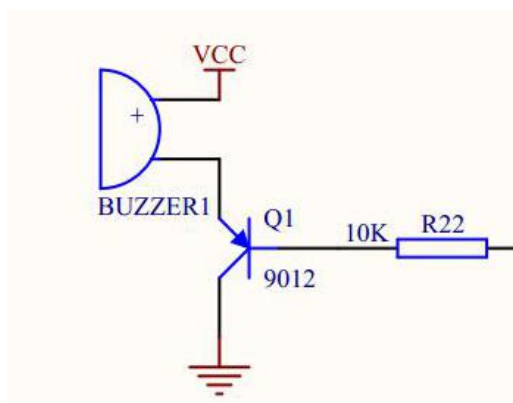


图 4.16 蜂鸣器管脚图

蜂鸣器管脚连接：引脚 VCC 连接 5v 电源，引脚 GND 接地，通过三极管串联的电阻接入 STM32F103C8T6 核心开发板 PC 端口的 PC13。

4.5.2 通过网络发送报警数据

本设计为智能电表，远程数据采用 WiFi 传输到用户手机，当用电超负荷，不仅可通过本地蜂鸣器报警，也可通过网络报警，通过给手机发送报警信息通知用户所使用的负载超过限定的功率，保障用户安全用电。

4.6 硬件设计环境

Altium Designer,原名 Protel，是一款用于电路设计的著名设计软件，由于其操作方便，易上手，可通过该软件绘制本设计的所有电路图。如图 4.17 为操作界面图。通过仿真软件,仿真运行实现了电表的基本功能,能够对电能进行计量、

显示功率、电量、电流电压等相关信息,不过设计仍然存在许多问题,需要进一步完善。电能计量不够精确,软件编写不够完善等问题都需要进一步解决。

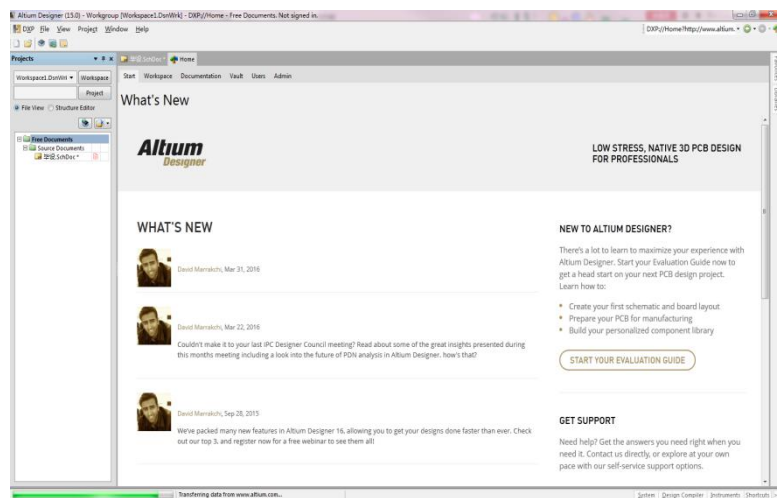


图 4.17 Altium Designer 环境界面

4.7 硬件设计总结

本章节主要介绍了在硬件设计中所需的器件功能及其原理,主要使用的器件有 STM32 单片机、交流电压电流检测模块、WIFI 模块电路、蜂鸣器,通过参考各芯片数据手册及查询其参数,进行模块化设计,降低其功耗,在设计的过程中,为了系统提高稳定性、精确性、可靠性,进行了大量的调试,通过 Altium Designer 软件进行仿真,尽量将电路布局设计完整,以确保硬件上的无误,为以后的焊接调试减轻负担。在设计过程中遇到了有的器件管脚连接错误的问题,经过仔细检查,对比引脚图,分析其原理,成功解决了这个问题。

第五章 系统软件设计

5.1 主程序软件设计

当 STM32 核心电路板接上电源，按下启动按钮后，系统进行初始化，交流电压电流检测模块连接 AC220v，接入负载，此时通过读取 AD 转换值，单片机对读取到的数值进行计量得到电压、电流、功率、电能等用电参数。手机通过连接 WiFi，可远程发送数据到手机上。当所接负载功率超过设定值即 200w 时，继电器断开，蜂鸣器报警，手机接收到报警信息。其工作流程图如图 5.1 所示。

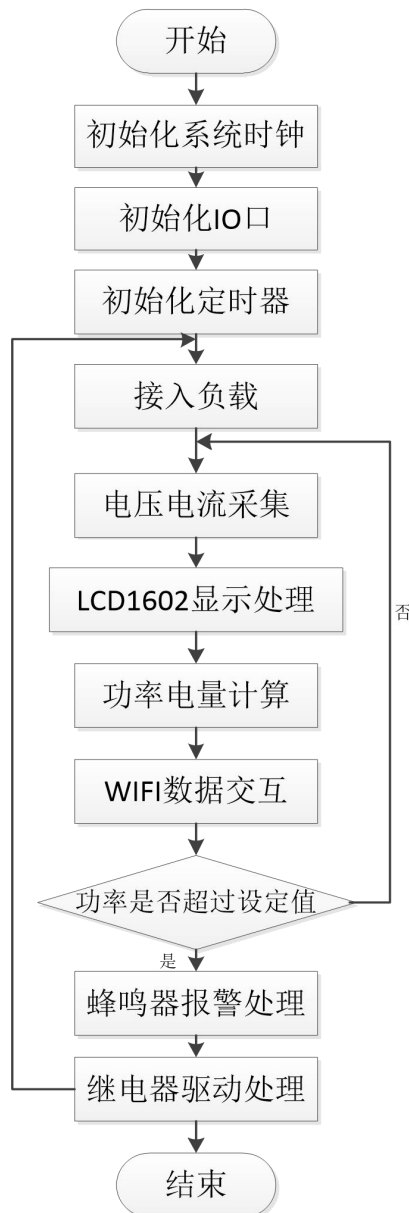


图 5.1 系统软件设计流程图

5.2 用电参数信息采集模块

开发板上电，接入负载，此时通过电压互感器和电流互感器作为用电参数采集模块，可采集到电压、电流信号，通过模数转换得到所需的数字量，再通过滤波器校准得到精确电压电流值。电压电流采集模块程序如图 5.2 所示。

```

adcx=Get_Adc_Average(ADC_Channel_1,5); // PA1 交流电压检测口 ad转换10次求平均值
temp=(float)adcx*(3.3/4096);
ACvolt=(unsigned int)(temp*315); // *315 互感器计算获取 以及1K电阻 用示波器检测校准得到
if(ACvolt<20) ACvolt=0;

adcx=Get_Adc_Average(ADC_Channel_2,5); // PA2 求平均值
temp=(float)adcx*(3.3/4096);

ACcurrent=(float)temp*3.1; //以及1K电阻 用示波器检测校准得到 0.02去除波动 防止误判断
if(ACcurrent<0.1)ACcurrent=0;
PowerWt=ACvolt*ACcurrent; //功率

if(dealFlag==1)//处理标志
{
    dealFlag=0;
    PowerQd=(float)PowerWt*1/60.0/60.0/1000.0+PowerQd; //累计电量 1表示1s 且此处功率单位为w
    //除以1000为千瓦 结果为度 1度=1千瓦时

    LED0=!LED0; //数据发送
}

```

图 5.2 电压电流采集模块程序

5.3 用电参数信息交互模块程序设计

通过 LCD1602 显示所计量的用电参数，第一行显示电压、电流、功率值，第二行显示电能，可显示出某一段时间内所使用的电能。LCD1602 液晶显示屏程序如图 5.3 所示。

```

current=ReadADC(0)*6.4*5.0/255; //读取AD0
DelayMs(20); //延时有助于稳定

volt=ReadADC(1)*327*5.0/255; //读取AD1

sprintf(dis0,"v:%5.1fv a:%3.1fA ",volt,current); //打印电压电流值
LCD_write_String(0,0,dis0); //显示

power =current* volt;

sprintf(dis0,"p:%5.1fw no<200 ",power); //打印功率值
LCD_write_String(0,1,dis0); //显示

```

图 5.3 LCD1602 液晶显示屏程序

通过设置 WiFi 模块的地址和网络端口号，可通过第三方软件‘TCP 连接’将所获得数据发送到手机，实现远程传输。所接负载功率不超过 200w 时，显示‘Normal’，当所接负载功率超过 200w 时，显示‘Bao Jing’。WiFi 模块程序如图 5.4 所示。

```

printf("AT+CIPSEND=0,46\r\n");    //发送固定字节数据的at命令
delay_ms(200);
UART_SendStr(USART1 , dis0,16); //发送
UART_SendStr(USART1 , "\r\n", 2); //发送
UART_SendStr(USART1 , dis1,16); //发送
UART_SendStr(USART1 , "\r\n", 2); //发送
if(relayFlag == 0)
{UART_SendStr(USART1 , "Bao Jing " , 10);}
else
{UART_SendStr(USART1 , "Normal " , 10);}
}

sprintf(dis0,"%03dv %2.1fa %5.1fw",ACvolt,ACcurrent,Powerwt);
Lcd_Puts(0,0,dis0); //显示

sprintf(dis1,"%010.9fkWh " ,PowerQd);
Lcd_Puts(0,1,dis1); //显示

```

图 5.4 ESP8266 WiFi 模块程序

5.4 用电超负荷报警模块程序设计

当电路检测出所接负载功率超过 200w 时，继电器断开，蜂鸣器报警，即当 PowerWt>200 时，RELAY=0，继电器关闭，BUZZER=1，蜂鸣器鸣叫，否则，继电器不断开，蜂鸣器不报警。

```

if(times>=9999)
{times=0;}

if(PowerWt>200)
{
    RELAY=0;           //关闭继电器
    relayFlag=0;
    BUZZER = 1;
}

delay_ms(100);    //延时

```

图 5.5 报警模块程序

5.5 软件设计环境

本次设计所使用得软件编译环境为著名的 Keil_uVision4，单片机的编程软件，简单易操作。其操作页面如图 5.6 所示。

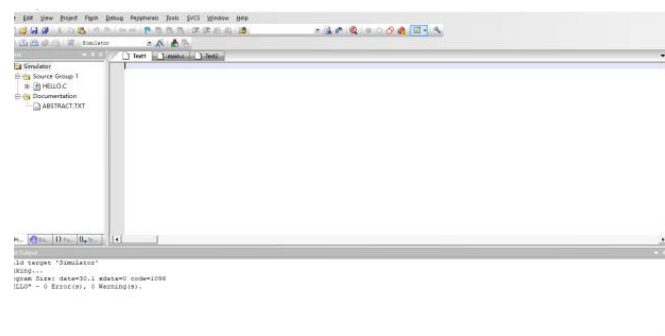


图 5.6 Keil 编程环境界面

5.6 软件设计总结

智能电表设计软件编程使用了 C 语言，根据模块化设计，通过各个模块的串口连接各个模块，完成软件的搭建。经过调试，实现了各个模块的功能，并且优化了整个系统的功能，使系统的程序更加完善。最终编译成功，所需功能基本可以实现。在设计过程中，遇到了无线通信模块程序不知如何编写，后面经过仔细阅读 WiFi 模块的使用手册，弄清楚了原理，成功编写出了源程序。

第六章 调试

6.1 系统调试

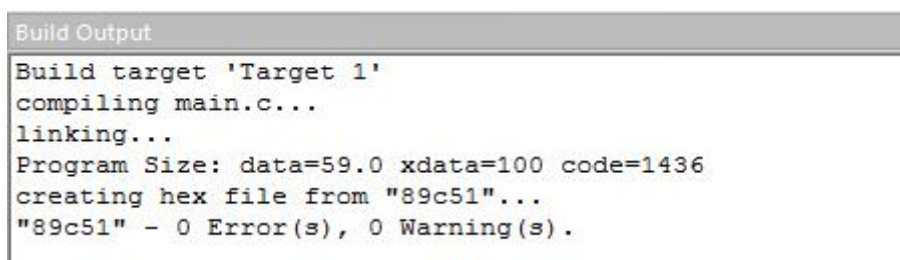
整体系统上电调试前，大概观察下焊接的系统还存在的问题，例如还有很显眼的断裂，正负极接反以及相连、虚焊等问题，然后全部用万用表检测一遍，电源正负极之间是否短路等严重的电源问题，最终保证系统没有问题，然后进行上电调试。

6.1.1 系统程序调试

（1）在 Keil4 软件中先创建一个工程：单击菜单栏中的“工程”，输入新建工程名，并保存；然后器件选择“Atmel”目录下的“STM32”。

（2）新建用户源文件：在新建的空白文本中编写程序源代码，编码完成保存文件并文件拓展名“*.c”，新文件创建完成。

（3）程序编译和调试：单击编译按钮，系统会对文件进行运行，在输出窗口中可看到提示信息，会有一个 error，按提示找出错误并改正，直到提示没有错误提示为止，如图 6.1 所示。



```
Build Output
Build target 'Target 1'
compiling main.c...
linking...
Program Size: data=59.0 xdata=100 code=1436
creating hex file from "89c51"...
"89c51" - 0 Error(s), 0 Warning(s).
```

图 6.1 提示信息无错误

（4）程序编译无错误后，进入程序调试状态，可查看单片机资源状态，进行断点等方式调试。

6.2 硬件测试

最后一步就是硬件整体测试了，主要运用万用表、直流电源和示波器对焊接好的板子进行整体调试，主要检查每一个器件是不是都正常工作了，主要分为两个环节动态调试和静态调试。

6.2.1 静态调试

主要分为以下四种：

（1）肉眼观察。主要观看焊接点是否饱满，以及相连器件之间是否相连或者器件管脚没有焊接好，出现短路现象。

（2）使用万用表调试。首先查看电源是否短路，然后测量管脚是否连接正确，有没有接线错误。

（3）上电检查。在完成第一步和第二步都没有问题，接下来就可以上电了，上电以后观看每个器件是否正常工作，然后在逐一测试功能。

（4）综合检查测试。这种测试方法只适合单片机开发板开发的系统才能使用这种方法，本文可以采用这种方法测试。

6.2.2 动态调试

动态调试主要是静态调试没有任何问题，做最后一步检查，就是每个器件能否正常工作，能否满足我系统开发的功能，防止器件内部损坏，影响系统性能。

6.3 调试结果

6.3.1 上电调试硬件

通过移动电源给 STM32 核心电路板上电，接上 AC220v 电源，接上负载，上电测试结果如图 6.2 所示。



图 6.2 上电测试结果

6.3.2 远程数据传输

通过设置地址和端口号，如图 6.3 所示，连接 WiFi，通过第三方软件 TCP 连接可成功与单片机进行通信，可发送数据到手机，成功实现了数据的远程传输。



图 6.3 连接手机 APP

当所接负载功率超过 200w，蜂鸣器报警，手机通过网络显示报警信息，用户可通过报警信息，及时安全的用电，杜绝如火灾、电击之类的危险事件的发生，安全用电是一切的基础。如图 6.3 所示为正常用电，图 6.4 所示为功率过载，报警界面。

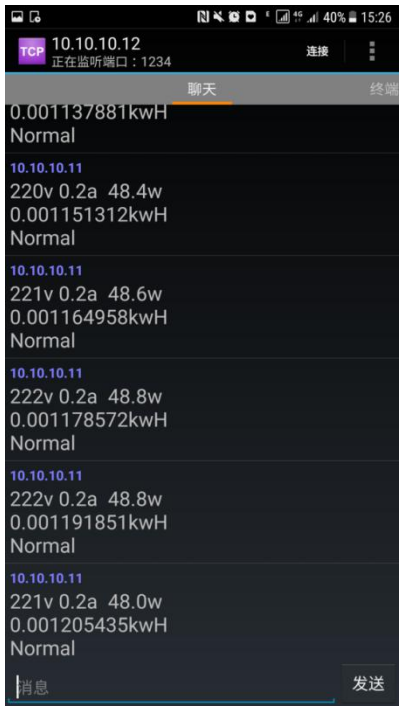


图 6.3 手机成功接收数据



图 6.4 通过手机发送报警信息

6.3.3 最终调试结果

经过多次检查和调试，得到了最终的调试结果，如图所示。可以精确检测出所接负载的电压、电流、功率、电能等用电参数，将手机连接 WiFi，可以将所测得的数据远程发送到手机第三方软件，用户可通过远程控制用电量，绿色用电，管理者可通过远程进行用电量抄录。当所接负载功率超过 200w，蜂鸣器报警，手机通过网络显示报警信息，继电器断开，指示灯熄灭，安全用电。测试结果表明，本系统可成功运行。



图 6.5 实际调试结果

6.4 调试结果总结

系统硬件各个模块焊接，检测完毕，连接无误，通过逐步对各个模块进行测试，得到了最终实验结果，本次设计的智能电表具有计量与用电参数显示、数据通信、报警等多种功能，在进行完调试后，证实了智能电表性能稳定、计量精确、误差较小，并且可以进行无线通信，完成了本次毕业设计的要求。本次设计的智能电表可能存在某些方面的不足，需要日后通过学习加以完善。电表的智能化不仅给用户的生活带来了便利，也给电力管理公司的工作人员减少了工作负担。智能化的生活方式为我们的生活带来了便捷。智能化的会让我们的生活更加便捷、更加省时。

结束语

本次毕业设计基于 STM32F103C8T6 核心开发板，实现智能电表的基本功能，此次设计通过交流电压电流检测模块电路，检测出电压电流值，通过计量，计算出功率、电能值，将数据显示在液晶显示屏上，可通过 WiFi 进行信息交互，将数据发送到手机，使管理者可远程获取用户用电信息。

上述就是本人留言板系统全部的设计和开发过程。本系统经历了从系统问题的提出—系统可行性分析—系统软硬件的设计—总体的功能模块设计—详细设计—最后到功能的实现，就是以这样的思路完成的整个系统的开发。

通过 STM32 单片机开发板设计出智能电表系统，用来解决电表数据抄写问题，成功解决了人力抄表所造成的人力资源浪费，经过本课题的研究和实验结果表明，本次设计的智能电表硬件简单、功能较强、环境适应能力强、成本较低，可成为比较成熟的抄表系统产品。

致 谢

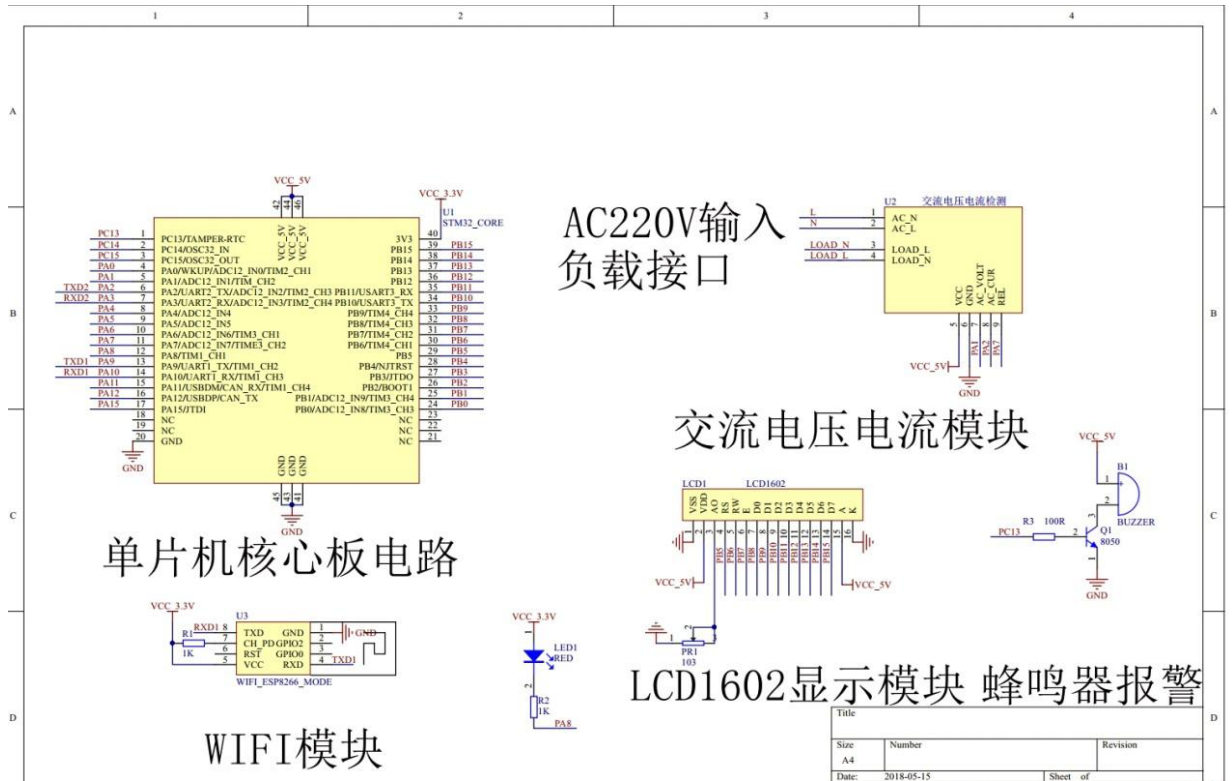
在此要感谢我的指导老师对我悉心的指导，感谢老师给我的帮助。在设计过程中，我通过查阅大量有关资料，与同学交流经验和自学，并向老师请教等方式，使自己学到了不少知识，也经历了不少艰辛，但收获同样巨大。在整个设计中我懂得了许多东西，也培养了我独立工作的能力，树立了对自己工作能力的信心，相信会对今后的学习工作生活有非常重要的影响。而且大大提高了动手的能力，使我充分体会到了在创造过程中探索的艰难和成功时的喜悦。虽然这个设计做的也不太好，但是在设计过程中所学到的东西是这次毕业设计的最大收获和财富，使我终身受益。

通过这次毕业设计，使我感到科技、知识的力量。这次毕业设计过程中，得到了学校的大力支持，给我提供了舒适的工作学习环境，也得到了老师的精心指导，在此表示衷心的感谢！

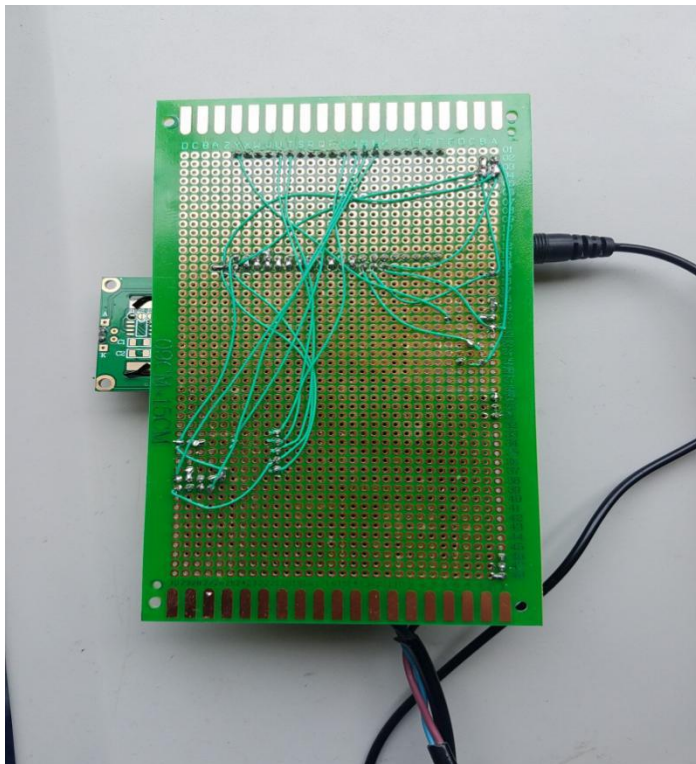
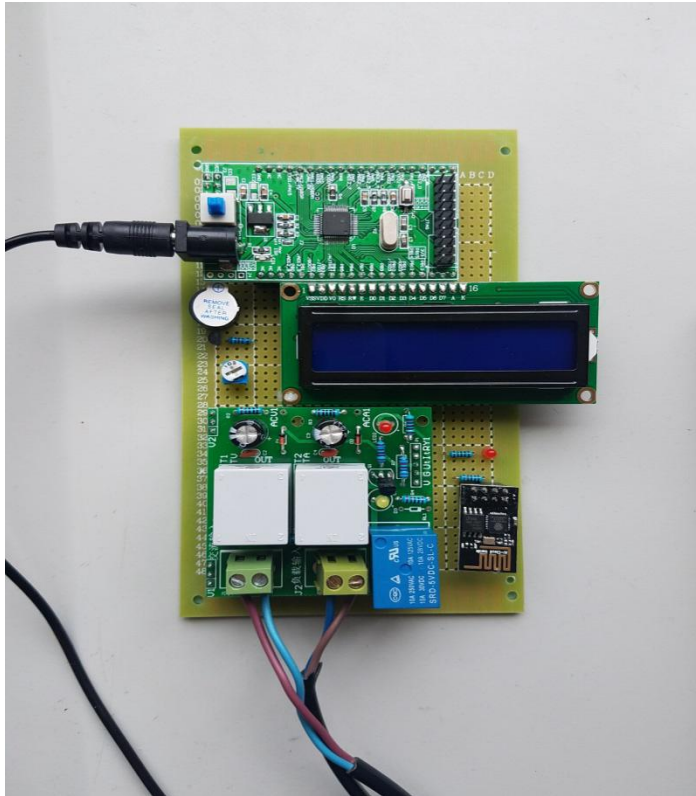
参 考 文 献

- [1] 李全利.单片机原理及应用技术.北京：高等教育出版社.2009. 30～46 .
- [2] 计长安.工业控制计算机[M],北京：清华大学出版社.2014.
- [3] 赵小兰,胡征,王培坤,林晓欢,庄衍竖,黄维沛. 多功能自行车码表设计[J],电子测试,2013,(20):1-2.
- [4]STM32F103 中文数据手册,互联网文档资源.
- [5]王肖峰.基于 STM32 的智能电表[J]. 物联网技术. 2017(09) .
- [6] 孙谊嫔,李宁,董小顺,袁铁江.智能电表可靠性预计的优化模型[J]. 电力科学与技术学报. 2017(03) .
- [7] 陈启健.新型多功能单相智能电表研究与设计[J]. 电子技术与软件工程. 2017(07) .
- [8]Owen G,Ward J Smart meters in Great Britain:the next steps. . 2007
- [9] Integrated Silicon Solution Inc. IS61LVI2816 Datasheet.2002.
- [10] Meehan Joanne,Muir Lindsey.SCM in Merseyside SMEs:Benefits and barriers[J].. TQM Journal. 2008 2～5.

附录 A：电路原理图



附录 B：实际结果图



附录 C：程序代码

```
#include "led.h"
#include "delay.h"
#include "sys.h"
#include "usart.h"
#include "lcd.h"
#include "adc.h"
#include <stdio.h>
#include "timer.h"
#include "lcd1602.h"

char dis0[16]; //液晶数组显示暂存
char dis1[16];

char tabData[42]; //打印时间数组

float ACcurrent; //市电电流
unsigned int ACvolt; //市电电压
float PowerWt=0; //功率
float PowerQd=0; //电量
unsigned char relayFlag=1;
int main(void)
{
    u16 adcx;
    float temp;
    delay_init(); //延时函数初始化
    uart_init(9600); //串口初始化为 115200
    TIM3_Int_Init(499,7199); //50ms
    LED_Init(); //初始化与 LED 连接的硬件接口
    LED0=0;
    Adc_Init(); //ADC 初始化
    BUZZER = 1;
    RELAY=1; //继电器打开
    relayFlag=1; //继电器状态标识

    delay_ms(1000);
    BUZZER = 0;
    delay_ms(1000); delay_ms(1000); delay_ms(1000);

    printf("AT+CIPMUX=1\r\n"); //允许链接
    delay_ms(1000);
    printf("AT+CIPSERVER=1,8080\r\n"); //创建端口号 8080
```

```

delay_ms(1000);

Lcd_GPIO_init();
Lcd_Init();
delay_ms(20);

while(1)
{
    adcx=Get_Adc_Average(ADC_Channel_1,5);// PA1 交流电压检测口 ad 转换 10
    次求平均值
    temp=(float)adcx*(3.3/4096);
    ACvolt=(unsigned int)(temp*315);//*315 互感器计算获取 以及 1K 电阻 用示波
    器检测校准得到
    if(ACvolt<20) ACvolt=0;

    adcx=Get_Adc_Average(ADC_Channel_2,5); // PA2
    求平均值
    temp=(float)adcx*(3.3/4096);

    ACcurrent=(float)temp*3.1;//以及 1K 电阻 用示波器检测校准得到 0.02 去
    除波动 防止误判断
    if(ACcurrent<0.1)ACcurrent=0;
    PowerWt=ACvolt*ACcurrent; //功率

    if(dealFlag==1)//处理标志
    {
        dealFlag=0;
        PowerQd=(float)PowerWt*1/60.0/60.0/1000.0+PowerQd; //累计电量 1 表
        示 1s 且此处功率单位为 W 除以 1000 为千瓦 结果为度 1 度=1 千瓦时

        LED0=!LED0; //数据发送
        printf("AT+CIPSEND=0,46\r\n"); //发送固定字节数据的 at 命令

        delay_ms(200);
        UART_SendStr(USART1 , dis0,16); //发送
        UART_SendStr(USART1 , "\r\n" , 2);//发送
        UART_SendStr(USART1 , dis1,16); //发送
        UART_SendStr(USART1 , "\r\n" , 2);//发送
        if(relayFlag == 0)
        {UART_SendStr(USART1 , "Bao Jing " , 10);}
        else
        {UART_SendStr(USART1 , "Normal " , 10);}
    }
}

```

```
    sprintf(dis0,"%03dv %2.1fa %5.1fw",ACvolt,ACcurrent,PowerWt);  
    Lcd_Puts(0,0,dis0);//显示  
  
    sprintf(dis1,"%010.9fkW  ",PowerQd);  
    Lcd_Puts(0,1,dis1);//显示  
  
    if(times>=9999)  
    {times=0;}  
  
    if(PowerWt>200)  
    {  
        RELAY=0;          //关闭继电器  
        relayFlag=0;  
        BUZZER = 1;  
    }  
  
    delay_ms(100);        //延时  
}  
}
```