

齐 齐 哈 尔 大 学

毕 业 设 计 （ 论 文 ）

题 目      基于 ARM 的马路机械车库系统设计

学 院      通信与工程学院

专业班级      通信工程 152 班

学生姓名      张奥涵

指导教师      朱恒军

成 绩      \_\_\_\_\_

2019 年 4 月 15 日

## 摘 要

随着人类社会的不断进步和科学技术的发展,生产、生活方式趋于集中,城市的规模越来越大,人们在城市里的生存空间却越来越小,于是出现了要利用空间的理念,城市中开始建设立体建筑、立体交通和立体停车。

本课题基于现代停车场空间利用率不足的问题,设计一种机械车库,只占据几个停车位,就可以停放更多数量的汽车,大幅提高空间利用率。主要以 STM32ZET6 单片机为核心,来控制步进电机模拟升降平台,以 TFT 显示屏来实现人机交互的功能。

伴随着汽车进入家庭,城市动态、静态交通管理制度的不断完善和人们对居住环境要求的提高,给停车产业提供了前所未有发展机遇,所以发展机械车库既是未来的大方向,也是未来人类社会的需要。

**关键字:** 步进电机; 立体交通; 单片机; 停车产业

## Abstract

With the continuous progress of human society and the development of science and technology, production and life style tend to be centralized, the scale of the city is getting larger and larger, while people's living space in the city is getting smaller and smaller. Therefore, the concept of using space has emerged, and three-dimensional buildings, three-dimensional traffic and three-dimensional parking have begun to be built in the city.

Based on the problem of insufficient utilization of space in modern parking lot, this paper designs a mechanical garage, which occupies only a few parking spaces and can park more cars, greatly improving the utilization of space. The STM32ZET6 MCU is used as the core to control the analog lifting platform of stepping motor, and the TFT display screen is used to realize the function of human-computer interaction.

With the entry of automobiles into families, the continuous improvement of urban dynamic and static traffic management system and the improvement of people's living environment requirements provide unprecedented development opportunities for the parking industry, so the development of mechanical garage is not only the general direction of the future, but also the needs of future human society.

**Keywords** Urban Scale; Stepper motor; Automobile; Singlechip ;Parking Industry

# 目 录

摘 要 .....	II
Abstract .....	III
第 1 章 绪 论 .....	1
1.1 课题研究背景 .....	1
1.2 国内外研究现状 .....	2
1.2.1 国外研究现状 .....	2
1.2.2 国内研究现状 .....	3
1.3 课题研究内容 .....	4
1.4 文本结构 .....	4
第 2 章 总体设计方案 .....	5
2.1 总体结构设计 .....	5
2.2 硬件结构选择 .....	6
2.2.1 主控选择 .....	6
2.2.2 显示屏选择 .....	7
2.2.3 环境监测传感器的选择 .....	8
2.2.4 RFID 门禁模块选择 .....	11
2.2.5 机械结构选择 .....	12
2.2.6 无线通信元件选择 .....	14
2.3 软件设计的选择 .....	15
第 3 章 系统硬件设计 .....	16
3.1 STM32ZET6 最小系统电路设计 .....	16
3.1.1 STM32 晶振电路设计 .....	17
3.1.2 STM32 复位电路设计 .....	18
3.2 供电电路设计 .....	19
3.3 显示电路设计 .....	20
3.4 无线通信电路设计 .....	21
3.5 机械结构设计 .....	23
第 4 章 系统软件设计 .....	24
4.1 TFT 屏驱动及显示程序设计 .....	24
4.1.1 TFT 屏程序控制流程图 .....	24
4.1.2 TFT 屏驱动程序设计 .....	24

4.2 无线通信程序设计 .....	26
4.2.1 无线通信程序流程图 .....	26
4.2.2 主机通信程序设计 .....	27
4.2.3 从机通信程序设计 .....	28



# 第1章 绪 论

## 1.1 课题研究背景

自 70 年代末起,世界经济高速发展,汽车逐渐普及,保有量不断增加,迫使地少人多、车多的国家、地区和一些发达国家积极开展了机械式停车技术的研究开发和制造应用,以日本、美国、德国等为代表的发达国家在停车技术领域研究处于世界领先水平,韩国和港、澳、台地区的停车业也通过引进—移植制造,得到了蓬勃发展,较好地解决了本地区的停车难,并开始向外输出技术和出口产品。

人类社会的不断进步和科学技术的发展,生产、生活方式趋于集中,城市的规模越来越大,人们在城市里的生存空间却越来越小,于是出现了要利用空间的理念,城市中开始建设立体建筑、立体交通和立体停车。伴随着汽车进入家庭,城市动态、静态交通管理制度的不断完善和人们对居住环境要求的提高,给停车产业提供了前所未有发展机遇,所以发展机械车库既是未来的大方向,也是未来人类社会的需要。

作为现代大都市的标志,城市中心商住区高楼大厦林立;社区道路、高架交通干道、立交桥和地下铁路,编织出城市立体交通网;汽车的住宅—停车场也有了长足的发展,由平面停车向立体停车,由简单的机械停车设备向计算机管理高度自动化的现代立体停车演变,成为具有较强的实用性、观赏性和适合城市环境的建筑。伴随着汽车进入家庭,城市动态、静态交通管理制度的不断完善和人们对居住环境要求的提高,给停车产业提供了前所未有发展机遇,停车产业市场前景广阔。

另外,立体建筑和立体交通都有了显著发展,道路拥挤、车满为患已成为当今快节奏社会中的最不和谐之音,发展立体停车已成为人们的共识。目前我国经济正处在高速发展时期,随着人们生活水平的不断提高,汽车进入家庭的步伐正在加快,停车产业市场前景广阔。机械式立体停车库既可以大面积使用,也可以见缝插针设置,还能与地面停车场、地下停车库和停车楼组合实施。是解决城市停车难最有效的手段,是停车产业发展的必由之路。

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 国外研究现状

自动立体停车装备系统在世界各地的发展是极不均衡的,德国开发最早,技术居于领先地位,在二层及多层平面式立体停车库系列中,它已发展了H型、U型和V型。日本由于国土面积小而应用最广,自从1959年引进了建造机械式立体停车库技术之后,到1983年,就已经在本土上共建造了25454座多种形式的机械式车库,平均每座容量达到十辆左右,最多的能达到百辆以上。从上世纪七十年代末期起,车库容量年递增率为5%-7%,已经赶上了同期汽车拥有量的年递增率4%-6%,从技术特征上看,日本更重视竖式自动立体车库的发展,即密集型自动立体停车库的发展。进入20世纪以来,在国内举办了多个与停车设备相关的展览会,全自动立体停车设备的容量能力及其技术完备,先进程度已被世界广泛承认和接受。国内正处于经济与建设发展阶段,已有国外多种停车设备出现在国内市场上,专业车场管理公司开始安装使用。

另外自行式停车场存有较多缺陷,如车位平均占地多、管理和保安人员多、投资多、存车效率低、耗电量大、对环境有污染等;由于允许人员进入,易发生盗车、毁车、施暴等停车场犯罪,近年来在发达国家已很少新建。大量兴建的是具有现代水平的机械式立体停车库。

智能停车库现在主要由智能识别读卡器、旋转机构、伸缩机构、以及升降机构组成,由主控接口板进行控制。旋转机构是由蜗轮与蜗杆构成。电机M3将动力通过减速箱传递给蜗杆,蜗杆再将动力传递给与旋转电梯固定的蜗轮,使蜗轮与电梯架同步转动,而且在旋转电梯下方安装继电器E3,与地面上定位标组成旋转定位装置,通过指定的程序进行控制,以达到转动到指定的存取方位。伸缩机构是由升降平台和伸缩平台组成。电机M2通过减速箱将动力传给齿轮,齿轮与齿条相互配合,并由M2的正反转控制伸缩平台的伸缩。伸缩的距离由程序通过定时控制。升降机构由升降平台和电机、齿条组成。电机M1通过减速箱将动力传给齿轮,齿轮与齿条相互配合,由M1的正反转实现升降运动。而且在升降平台上安有继电器E2与旋转电梯架上的定位标组成层数定位装置,通过指定的程序进行控制,以达到升降到指定的层数。车位由均匀的布置在存取机构的周围的8个车位构成,分为底层、二层、三层,底层车位不需要存取机构,直接存取。车位采取环行布置,极大的利用有限的面积,实现最大的存取容量。



### 1.2.2 国内研究现状

我国城市停车还处在初级阶段,专用和公共停车位数量距合理的车位与车辆比率相差甚远,停车难到处可见。目前我国的停车场仍以平面停车场、路上停车场、路外停车场、自行式停车场为主,立体停车库和机械式停车场数量还很少。以我国停车产业发展较快的广州、上海为例,路上、路外停车仍占有相当比例,已建设的停车场大部分是地下自行式停车场和在自行式停车场的基础上安装简易停车设备,增加存容数量。

我国机械式停车设备的早期研究开发工作是从80年代中期开始,90年代开始引进和生产停车设备,在北京、上海、广州、深圳等地都有使用。参照日本等国标准制定的我国行业标准也于近几年出台,目前停车设备生产厂已发展到几百家,生产各种类型的停车设备,有些停车设备已开始出口。机械式立体停车库是一种具有综合性能的建筑,不仅包含了机械停车设备,其规划建设涉及到区域整体景观、交通疏导、建筑结构、供电照明、通讯监视、通风排水、环境保护、安全消防、收费管理等各学科领域,就停车设备本身而言,其机械结构的发展已形成了停车设备独有的技术特征,需要多学科、多专业的复合型人才积极参与,把国外停车技术和各领域的成熟技术移植到我国停车产业,开发出安全、经济、高效、节能、省地的产品,满足国内外市场的需求。

目前我国的停车产业发展中还存在一些问题,如没有统一的技术标准;多数产品是仿效或引进国外技术制造,技术水平低;缺少具有一定规模的企业,生产能力不足;市场竞争无序,个别企业为抢占市场,采取低价竞争;缺少科研设计单位的参与,技术创新能力严重不足;政策不配套,对停车产业发展和管理严重滞后等。解决上述问题,需要我们在政策、市场、管理和技术多方面作出努力。政策方面应参照发达国家的有关政策法规,规划确定出专用和公共停车位的合理数量,实现投资主体多元化,确定停车库的管理属性和停车收费标准,给予投资和经营者相应的优惠政策,使其有利可图。市场方面应建立停车库市场运行机制,利用价格杠杆调高占路停车收费标准,逐步消除“路满库空”现象。鼓励按市场规则经营停车库,并实施政府监督和政策调控,使停车产业良性发展。管理方面应把停车库建设纳入城市总体规划,对停车问题进行专题研究,使停车库真正用来停车,道路用来行车,理顺停车库管理职责,制定严格的管理处罚措施。技术方面应建立市场准入机制,实施专业化、协作化分工,发展科、工、贸一体的集团专业公司,以市场为导向,提高技术水平和产品质量,培养产品持久的竞争力。

### 1.3 课题研究内容

本文基于现代停车场占地面积大，空间利用率不高的问题上，结合国内外机械车库发展趋势，设计一种结构简单，空间利用率大的路边停车场系统，该系统主要涉及单片机信号处理及控制原理、步进电机控制原理、电阻式触摸屏控制原理以及电路设计原理等。

本系统主要分为两个部分：车库部分和车载部分，其中车库部分系统由：STM32、TFT屏、车库机械结构、无线传输电路等，主要用于管理机械车库，管理机械车库的电机工作，以及和车载部分进行无线通信。车载部分主要由：STM32、直流编码器电机、OV7725摄像头、蓝牙等无线传输电路等，主要用于当用户将车停到规定区域后，车载部分和车库部分开始建立 2.4G 无线通信，建立完成后，通过指令和车载部分本身的摄像头等传感器，自动控制小车进入车库并自动停在相应位置。

### 1.4 文本结构

论文共 6 章，第一章介绍研究课题的价值和主要研究内容，第二章主要介绍系统的总体设计方案，第三四章主要介绍系统的硬件电路设计及软件设计的具体设计思路及方案，第五章为系统测试，介绍系统运行中碰到的问题及运行结果，最后第六章为结论、参考文献及致谢。

## 第 2 章 总体设计方案

### 2.1 总体结构设计

本设计基于STM32的各种内置功能,通过C语言的语法及逻辑语句,进行传感器的布置,传感器的实时监测配置,门禁管理功能设计以及人机交互电路系统设计。

主要通过 Keil 软件对 STM32ZET6 进行 C 语言编程,来实现对 STM32 内部各种内置功能的调用和设计,如:内置 AD 功能、内置 PWM 功能、内置 DA 功能、内置定时器功能、内置外部中断及定时器中断功能等等功能。通过 C 语言的语法结构和逻辑来对这些功能进行合理的搭配和运用,来实现对各种传感器传回的数值的接受和处理,然后再通过相应的显示屏来显示出来,同时还设计有相应的报警电路,在突发情况出现时及时进行相应的控制反应。

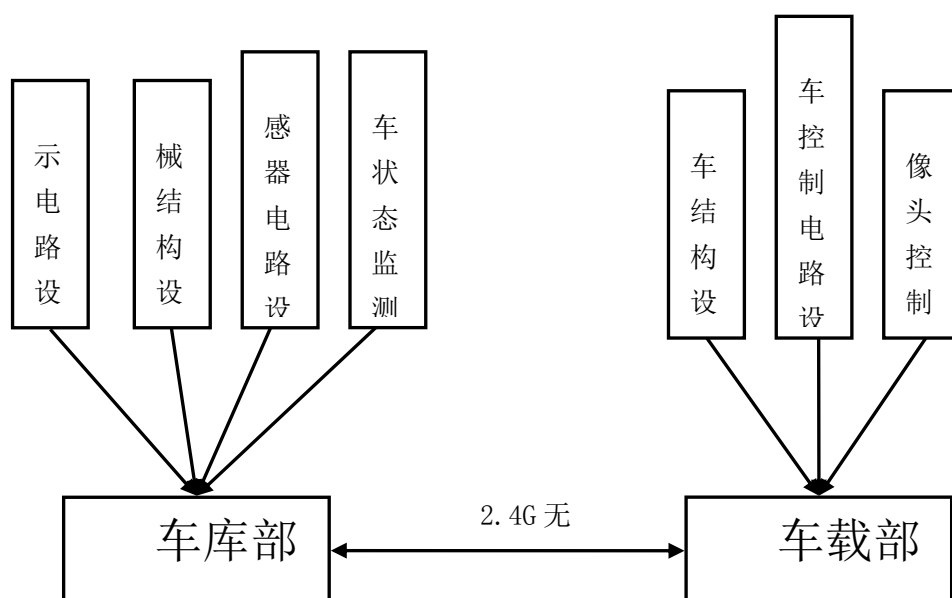


图 2-1 基于 ARM 的机械车库系统设计基本框架

## 2.2 硬件结构选择

### 2.2.1 主控选择

本设计的主控模块为 STM32ZET6 最小系统板，STM32 是意法半导体公司专为要求高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用设计的主控芯片，内核为 ARM Cortex®-M0，M0+，M3，M4 和 M7 内核。其中意法半导体已经推出 STM32 基本型系列、增强型系列、USB 基本型系列、互补型系列；新系列产品沿用增强型系列的 72MHz 处理频率。内存包括 64KB 到 256KB 闪存和 20KB 到 64KB 嵌入式 SRAM。新系列采用 LQFP64、LQFP100 和 LFBGA100 三种封装，不同的封装保持引脚排列一致性，结合 STM32 平台的设计理念，开发人员通过选择产品可重新优化功能、存储器、性能和引脚数量，以最小的硬件变化来满足个性化的应用需求。

本系统采用的系统板扩展的基本功能如下表：

名称	功能
芯片型号	STM32ZET6
主频	72MHz
SPI 接口	3 个
工作电压	2.7V-3.6V
定时器	8 个
SRAM	64KB
内部 flash	512KB
12 位 ADC	21 路
12 路 DAC	2 路

表 2.1 STM32 基本工作参数表

本系统采用的开发板基本上将 STM32ZET6 的可调用引脚都已引出供开发者使用，STM32 内部提供了 8 个定时器，开发者可以使用这些定时器对外部脉冲进行计数以及可以通过配置预分频寄存器和配置自动重装载寄存器来输出 PWM 等等。另外 STM32ZET6 内部还集成了 12 路的 ADC 和 DAC，开发者在对外部模拟输入和对外输出模拟值时不再需要设计 AD 转换电路和 DA 转换路，大大减少了系统开发的繁杂程度。同时 STM32ZET6 还已经集成了多种通信接口，例如 CAN 通信接口，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。它也支持报文发送的优先级要求，优先级特效可以通过软件进行配置、还有 SPI 通信接口，SPI 接口全称为串行外设接口，允许 STM32 与外部设备以

半/全双工、同步、串行方式通信，另外此接口还可以被配置为主模式，并为外部从设备提供通信时钟 SCK 等等。

本系统使用的开发板实物图如下图：

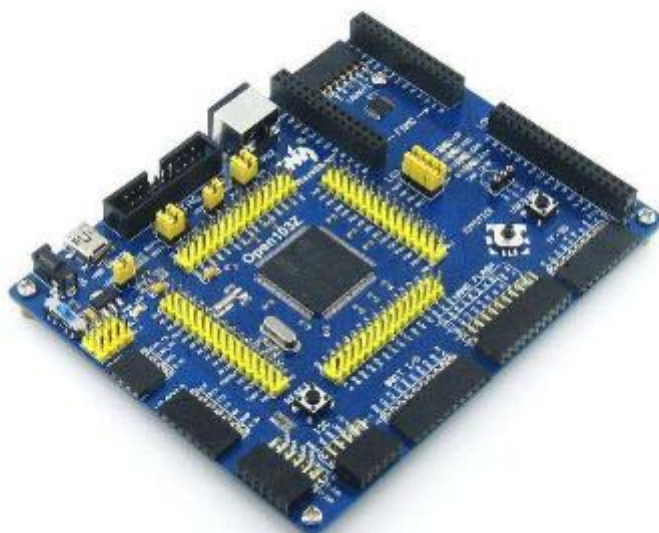


图 2-2 本系统采用的 STM32ZET6 最小系统开发板

### 2.2.2 显示屏选择

本系统选用 TFT 屏为显示屏，TFT (Thin Film Transistor) 即薄膜场效应晶体管，它可以“主动地”对屏幕上的各个独立的像素进行控制，这样可以大大提高反应时间。一般 TFT 的反应时间比较快，约 80 毫秒，而且可视角度大，一般可达到 130 度左右，主要运用在高端产品。从而可以做到高速度、高亮度、高对比度显示屏幕信息。TFT 属于有源矩阵液晶显示器，在技术上采用了“主动式矩阵”的方式来驱动，方法是利用薄膜技术所作成的电晶体电极，利用扫描的方法“主动拉”控制任意一个显示点的开与关，光源照射时先通过下偏光板向上透出，借助液晶分子传导光线，通过遮光和透光来达到显示的目的。TFT 型的液晶显示器主要的构成包括：萤光管、导光板、偏光板、滤光板、玻璃基板、配向膜、液晶材料、薄模式晶体管等等。随着手机彩屏的逐渐普遍，手机屏幕的材质也越来越显得重要。手机的彩色屏幕因为 LCD 品质和研发技术不同而有所差异，其种类大致有 TFT、TFD、UFB、STN 和 OLED 几种。一般来说能显示的颜色越多越能显示复杂的图象，画面的层次也更加丰富。

TFT 液晶屏为每个像素都设有一个半导体开关，其加工工艺类似于大规模集成电路。由于每个像素都可以通过点脉冲直接控制，因而，每个节点都相对独立，并可以进行连续控制，这样的设计不仅提高了显示屏的反应速度，同时可以精确控制显示灰度，所以 TFT 液晶的色彩更逼真。

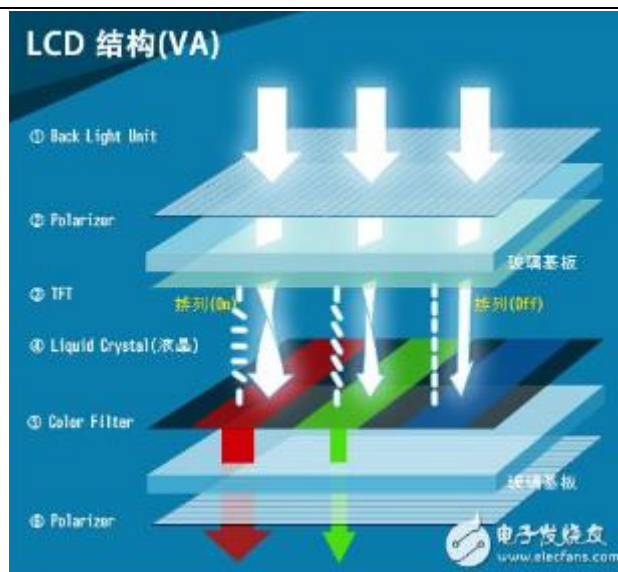


图 2-3 TFT 屏基本原理图

之所以选择 TFT 屏作为系统显示屏而不用 OLED 屏,是应为后者只能显示单色/双色,并且常用的 OLED 尺寸为 0.96 寸等,尺寸较小,本系统采用的是 2.8 寸的显示屏,尺寸更大,并且可以显示 16 位色的真彩图片,综合而言,TFT 屏无论在尺寸上还是在功能上都比 OLED 好得多,所以本系统采用 TFT 屏作为系统显示屏。

2.8 寸 TFT 显示屏实物图如下图所示:



图 2-4 2.8 寸 TFT 显示屏实物图

### 2.2.3 环境监测传感器的选择

根据系统预设的功能,环境监测的主要参数有:

- (1) 停车场温湿度监测
- (2) 停车场下雨监测

### 1: 停车场温湿度监测

本系统对机械车库附近环境的温湿度监测主要采用 DHT11 传感器，DHT11 是一款有已校准数字信号输出的温湿度传感器。数字温湿度传感器是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器，它应用专用的数字模块采集技术和温湿度传感技术，确保产品具有极高的可靠性和卓越的长期稳定性。传感器包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件，并与一个高性能 8 位单片机相连接。因此该产品具有品质卓越、超快响应、抗干扰能力强、性价比极高等优点。每个 DHT11 传感器都在极为精确的湿度校验室中进行校准。校准系数以程序的形式存在 OTP 内存中，传感器内部在检测信号的处理过程中要调用这些校准系数。单线制串行接口，使系统集成变得简易快捷。超小的体积、极低的功耗，使其成为该类应用中，在苛刻应用场合的最佳选择。产品为 4 针单排引脚封装，连接方便。

产品主要参数：

1. 湿度精度： $\pm 5\%RH$
2. 温度精度： $\pm 2^{\circ}C$
3. 湿度量程：20~90%RH
4. 温度量程： $0\sim 50^{\circ}C$

其实物图如下图所示：



图 2-5 DHT11 温湿度传感器实物图

其工作电路图如下图所示：

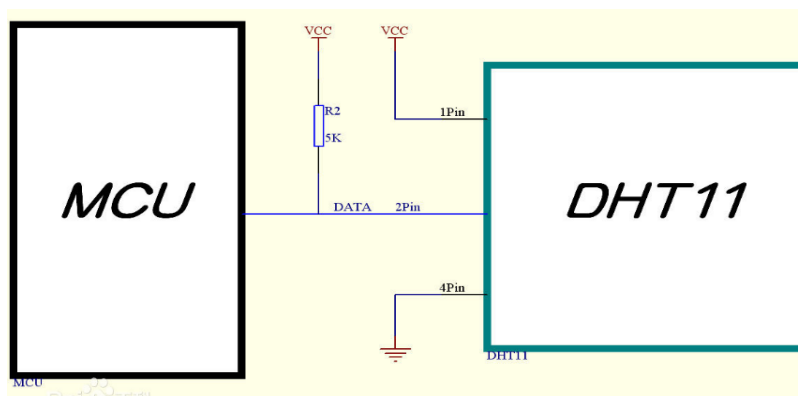


图 2-6 DHT11 与单片机连接电路图

由电路图易知，DHT11 本身引脚不多，只有 4 个引脚，其中两个为电源端，剩下两个引脚，其中一个引脚悬空不接，另外一个引脚为数据输出端，直接接单片机的 I/O 口，通过对单片机进行程序的编写，来实现单片机读取 DHT11 发送的数据，并通过一定的算法对读取的数据进行运算，从而得到我们需要的数据。

## 2: 停车场下雨监测

本系统对机械车库环境是否下雨主要通过高灵敏的雨水检测模块来实现，Water Sensor 是一个利用湿度方式检测有没有水分的传感器，可用于天气状况的监测，可以检测有没有下雨。将传感器放置在室外，当有雨水滴到检测面上时，湿度将增大，随之电压升高，并转成数字信号 DO 和模拟信号 AO 输出。除了检测雨水外，雾水和水蒸气也都能检测。传感器采用高品质 FR-04 双面材料，大面积 5.0\*4.0CM，并用镀镍处理表面，具有对抗氧化，导电性，及寿命方面更优越的性能。使用宽电压 LM393 比较器，信号干净，波形好，驱动能力强，超过 15mA。配电位器调节灵敏度。设有固定螺栓孔，方便安装。

其工作参数为：

1. 工作电压：3.3V-5V DC

其实物图如下图所示：



图 2-7 雨滴检测传感器实物图

使用时，将其接上 5V 电源，电源指示灯亮，感应板上没有水滴时，DO 输出为高电平，开关指示灯灭，滴上一滴水，DO 输出为低电平，开关指示灯亮，刷掉上面的水滴，又恢复到输出高电平状态。AO 模拟输出，可以连接单片机 AD 口检测滴在上面的雨量大小。DO TTL 数字输出也可以连接单片机检测是否有雨。TTL 输出有效信号为低电平。驱动能力 100mA 左右，可直接驱动继电器，蜂鸣器，小风扇等。

其电路原理图如下图所示：



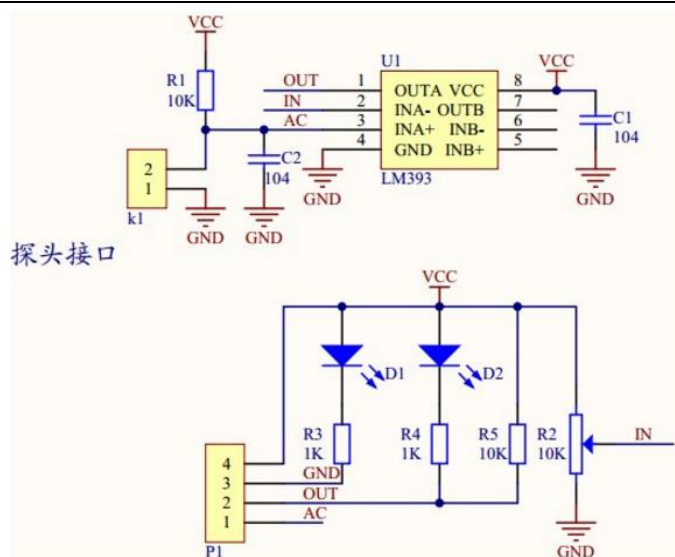


图 2-8 雨滴检测传感器电路原理图

### 2.2.4 RFID 门禁模块选择

因为本系统属于无人监控系统，用户在使用本系统时需要先刷卡来验证用户信息，本系统用户登录信息采集主要采用 MF RC522 模块，MF RC522 是应用于 13.56MHz 非接触式通信中高集成度的读写卡芯片，是 NXP 公司针对“三表”应用推出的一款低电压、低成本、体积小的非接触式读写卡芯片，是智能仪表和便携式手持设备研发的较好选择。MF RC522 利用了先进的调制和解调概念，完全集成了在 13.56MHz 下所有类型的被动非接触式通信方式和协议。支持 14443A 兼容应答器信号。数字部分处理 ISO14443A 帧和错误检测。此外，还支持快速 CRYPTO1 加密算法，用语验证 MIFARE 系列产品。MFRC522 支持 MIFARE 系列更高速的非接触式通信，双向数据传输速率高达 424kbit/s。作为 13.56MHz 高集成度读写卡系列芯片家族的新成员，MF RC522 与 MF RC500 和 MF RC530 有不少相似之处，同时也具备许多特点和差异。它与主机间通信采用 SPI 模式，有利于减少连线，缩小 PCB 板体积，降低成本。

另外 MF522-AN 模块采用 Philips MFRC522 芯片设计读卡电路，使用方便，成本低廉，适用于设备开发、读卡器开发等高级应用的用户、需要进行射频卡终端设计/生产的用户。本模块可直接装入各种读卡器模具。模块采用电压为 3.3V，通过 SPI 接口简单的几条线就可以直接与用户任何 CPU 主板相连接通信，可以保证模块稳定可靠的工作、读卡距离远。

其主要工作参数如下：

1. 工作电流：13—26mA/直流 3.3V
2. 空闲电流：10—13mA/直流 3.3V

3. 休眠电流: 80uA
4. 峰值电流: 30mA
5. 工作频率: 13.56MHz
6. 数据传输速率:  $\leq 10\text{Mbit/s}$
7. 环境相对湿度: 相对湿度 5%—95%
8. 支持的卡类型: mifare1 S50、mifare1 S70、mifare UltraLight、mifare Pro
9. 产品物理特性: 尺寸: 40mm×60mm
10. 环境工作温度: 摄氏-20—80 度
11. 环境储存温度: 摄氏-40—85 度

其实物图如下图所示:



图 2-12 门禁识别模块实物图

### 2.2.5 机械结构选择

本系统为立体多层车库,采用步进电机和丝杆来实现升降,步进电机是将电脉冲信号转变为角位移或线位移的开环控制电机,是现代数字程序控制系统中的主要执行元件,应用极为广泛。在非超载的情况下,电机的转速、停止的位置只取决于脉冲信号的频率和脉冲数,而不受负载变化的影响,当步进驱动器接收到一个脉冲信号,它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度,称为“步距角”,它的旋转是以固定的角度一步一步运行的。可以通过控制脉冲个数来控制角位移量,从而达到准确定位的目的;同时可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度,从而达到调速的目的。

步进电机实物图如下图所示：



图 2-13 步进电机实物图

其中本系统采用的是四线电机，四线电机接线图如下：

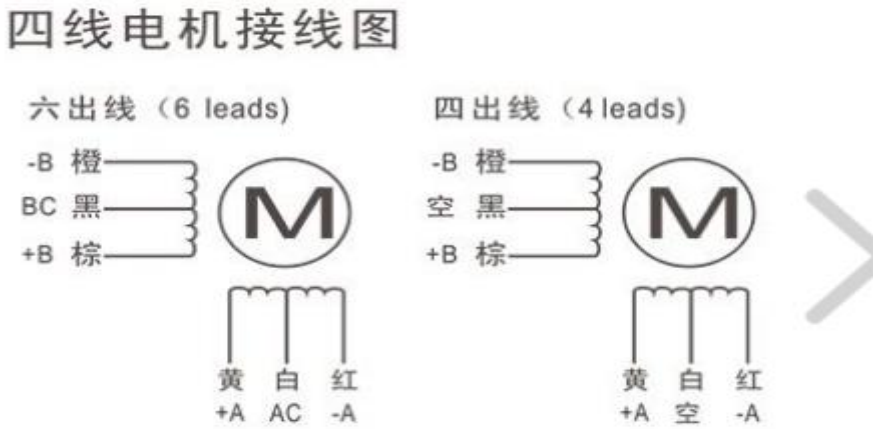


图 2-13 四线步进电机接线图

步进电机提供单片机提供不同频率的脉冲来调节速度，然后通过丝杆可以将旋转动力转化为水平移动的动力，丝杆和步进电机的连接实物图如下：



图 2-14 步进电机和丝杆的连接实物图

### 2.2.6 无线通信元件选择

本系统设计的用户在验证完成身份信息后，将汽车停放到指定位置后，车库系统将会通过控制步进电机来将汽车运送至指定层数，然后通过单片机给汽车发送相应指令来使汽车自动驶入相应停车区域，其中车库系统主控与汽车系统主控之间的通信采用 2.4G 无线通信模块来实现。本系统采用的无线通信 NRF24L01 模块，其通过 SPI 进行通信，主机和从机各需要一块 NRF24L01 模块，其工作频率为 2.4G，最大通信频率可以达到 10Mhz，通信距离为 40 米到 50 米，完全满足本系统的需求。

NRF24L01 无线模块，采用的芯片是 NRF24L01，该芯片的主要特点如下：

1. 2.4G 全球开放的 ISM 频段，免许可证使用
2. 最高工作速率 2Mbps，高校的 GFSK 调制，抗干扰能力强
3. 125 个可选的频道，满足多点通信和调频通信的需要
4. 内置 CRC 检错和点对多点的通信地址控制
5. 低工作电压（1.9~3.6V）
6. 可设置自动应答，确保数据可靠传输

其实物图如下：



图 2-15 NRF24L01 实物图

## 2.3 软件设计的选择

### 1: 编程软件的选择

本系统主要使用 Keil 软件进行编程, Keil C51 是美国 Keil Software 公司出品的 51 系列兼容单片机 C 语言软件开发系统, 与汇编相比, C 语言在功能上、结构性、可读性、可维护性上有明显的优势, 因而易学易用。Keil 提供了包括 C 编译器、宏汇编、链接器、库管理和一个功能强大的仿真调试器等在内的完整开发方案, 通过一个集成开发环境 ( $\mu$  Vision) 将这些部分组合在一起。运行 Keil 软件需要 WIN98、NT、WIN2000、WINXP 等操作系统。如果你使用 C 语言编程, 那么 Keil 几乎就是你的不二之选, 即使不使用 C 语言而仅用汇编语言编程, 其方便易用的集成环境、强大的软件仿真调试工具也会令你事半功倍。2013 年 10 月, Keil 正式发布了 Keil  $\mu$  Vision5 IDE。

使用 Keil 软件进行程序设计主要有以下两大优点:

1. Keil C51 生成的目标代码效率非常之高, 多数语句生成的汇编代码很紧凑, 容易理解。在开发大型软件时更能体现高级语言的优势。
2. 与汇编相比, C 语言在功能上、结构性、可读性、可维护性上有明显的优势, 因而易学易用。用过汇编语言后再使用 C 来开发, 体会更加深刻。

### 2: 编程语言的选择

其次, 本系统主要使用的编程语言为 C 语言, C 语言是一门面向过程、抽象化的通用程序设计语言, 广泛应用于底层开发。C 语言能以简易的方式编译、处理低级存储器。C 语言是仅产生少量的机器语言以及不需要任何运行环境支持便能运行的高效率程序设计语言。尽管 C 语言提供了许多低级处理的功能, 但仍然保持着跨平台的特性, 以一个标准规格写出的 C 语言程序可在包括一些类似嵌入式处理器以及超级计算机等作业平台的许多计算机平台上进行编译。

## 第 3 章 系统硬件设计

### 3.1 STM32ZET6 最小系统电路设计

本设计的主控模块为 STM32ZET6 最小系统板，STM32 是意法半导体公司专为要求高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用设计的主控芯片。内存包括 64KB 到 256KB 闪存和 20KB 到 64KB 嵌入式 SRAM。新系列采用 LQFP64、LQFP100 和 LFBGA100 三种封装，不同的封装保持引脚排列一致性，结合 STM32 平台的设计理念，开发人员通过选择产品可重新优化功能、存储器、性能和引脚数量，以最小的硬件变化来满足个性化的应用需求。

STM32 单片机开发板电路的组成部分就由时钟晶振电路、复位电路、电源电路以及通信电路组成。在这几部分的带动下，单片机即可正常工作。开发板主控芯片为 STM32ZET6，其主要特性如下：

1. 64KB SRAM
2. 512KB FLASH
3. 2 个 基本定时器
4. 4 个 通用定时器
5. 2 个 高级定时器
6. 2 个 DMA 控制器（共 12 个通道）
7. 3 个 SPI
8. 2 个 IIC
9. 5 个 串口
10. 1 个 USB
11. 1 个 CAN
12. 3 个 12 位 ADC
13. 1 个 12 位 DAC
14. 1 个 SDIO 接口
15. 1 个 FSMC 接口
16. 112 个通用 IO 口

STM32ZET6 原理图如下图：



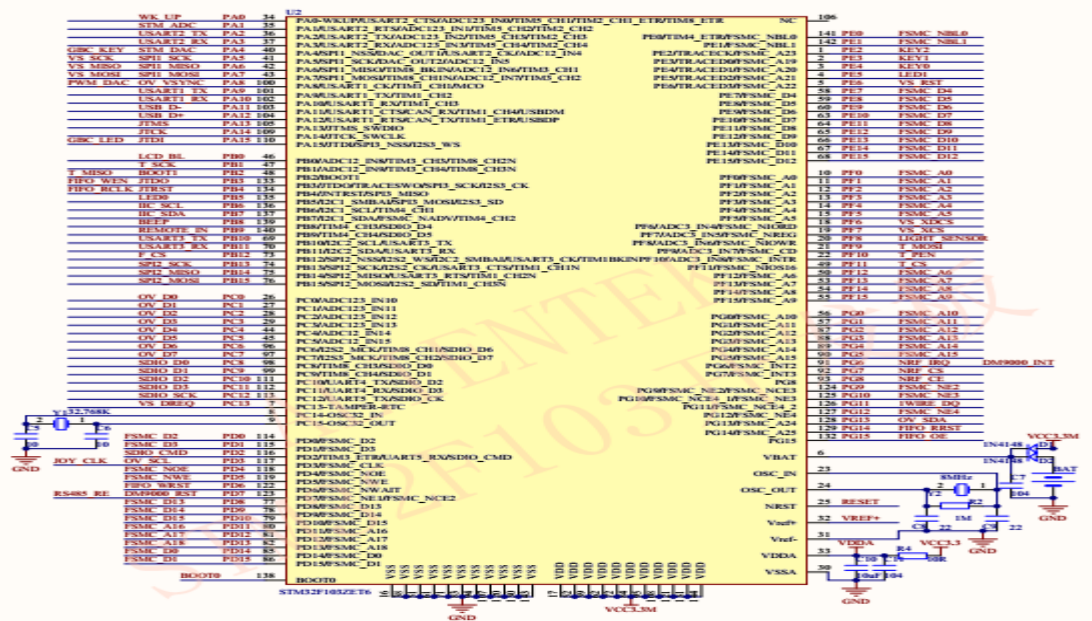


图 3-1 STM32ZET6 原理图

### 3.1.1 STM32 晶振电路设计

本系统采用的 STM32 开发板有 3 种不同的时钟源可以被用来驱动系统时钟，分别为：HIS 振荡器时钟、HSE 振荡器时钟以及 PLL 时钟，其中当 HSI 被用于作为 PLL 时钟的输入时，系统时钟能得到的最大频率是 36MHz。系统复位后，HSI 振荡器被选为系统时钟。当时钟源被直接或通过 PLL 间接作为系统时钟时，它将不能被停止。只有当目标时钟源准备就绪了(经过启动稳定阶段的延迟或 PLL 稳定)，从一个时钟源到另一个时钟源的切换才会发生。在被选择时钟源没有就绪时，系统时钟的切换不会发生。直至目标时钟源就绪，才发生切换。

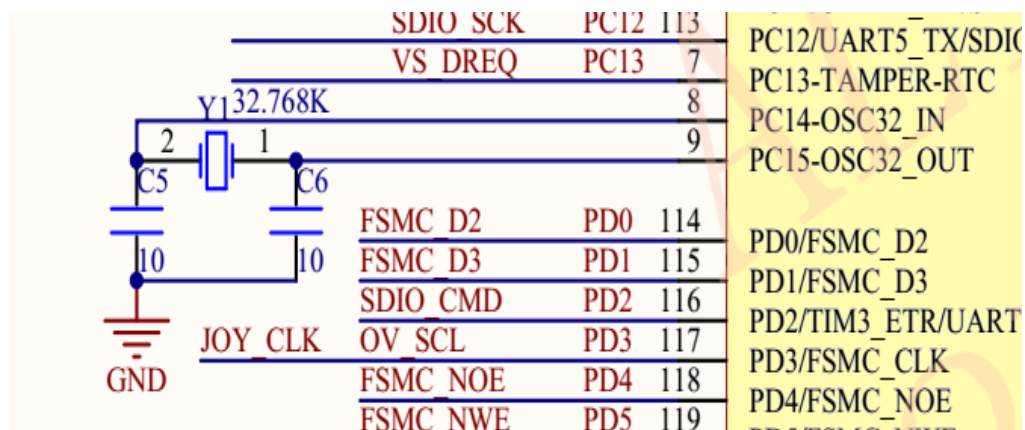


图 3-2 STM32 晶振电路图

### 3.1.2 STM32 复位电路设计

STM32 开发板的复位有 3 种复位，分别为：系统复位、电源复位以及后备域复位。其中，系统复位将复位除时钟控制寄存器 CSR 中的复位标志和备份区域中的寄存器以外的所有寄存器为它们的复位数值。

当以下事件中的一件发生时，产生一个系统复位：

1. NRST 引脚上的低电平(外部复位)
2. 窗口看门狗计数终止(WWDG 复位)
3. 独立看门狗计数终止(IWDG 复位)
4. 软件复位(SW 复位)
5. 低功耗管理复位

在上电或者掉电时自动产生电源复位，或者从代价模式中返回时也进入电源复位，电源复位将清除除了备份区外所有的寄存器。

备份域复位只影响备份区域，有软件进行复位。

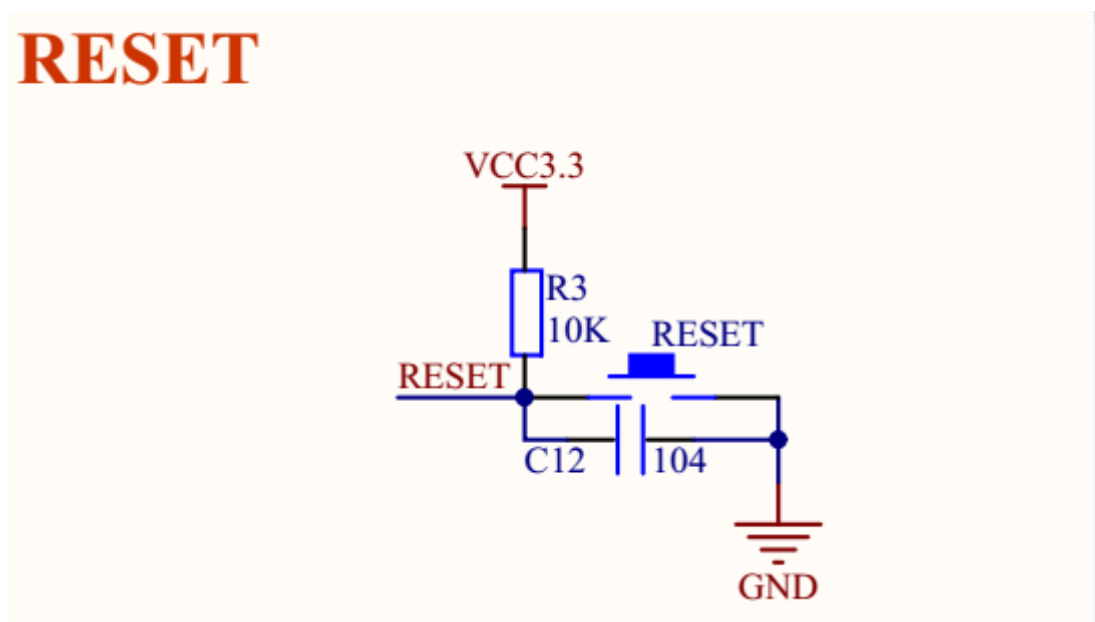


图 3.3 STM32 单片机复位电路



### 3.2 供电电路设计

主控电路板需要 2.0V-3.6VDC 电压，其他传感器需要 3.3V-5V DC 电压，故本系统的电源系统电路采用 DC-005 电源转接板模块，通过电源线接 220V 插排对系统供电。在通过连接线将直流 5V 或 12V 电接入主控板后，主控板通过 MP2359 稳压芯片将 5V 或 12V 直流电降压为 3.3V。

MP2359 是基于 CMOS 工艺开关内置 DC/DC 转换器。内置上端开关的导通电阻为 0.35 欧（典型值），能提供最大为 1.2A 的电流。这款芯片由振荡电路、PWM 控制电路、基准电压源、误差放大器、相位补偿电路、斜坡电路、软启动电路、保护电路、内部电压调节器、开关等组成，外部器件用到电感、电阻、二极管、电容，所有这些构成完整的降压 DC/DC 转换器。

其中 MP2359 工作特性如下：

1. 工作电压范围：4.5V-24V
2. 内置 N 型驱动：典型值  $R_{on}=0.36$  欧
3. 反馈电压：0.8V 误差范围  $\pm 1.5\%$
4. 尖峰电流限制：典型值 2.0 安培
5. 开关频率：1.4MHz
6. 封装：TSOT23-6

主控板供电电路如下图所示：

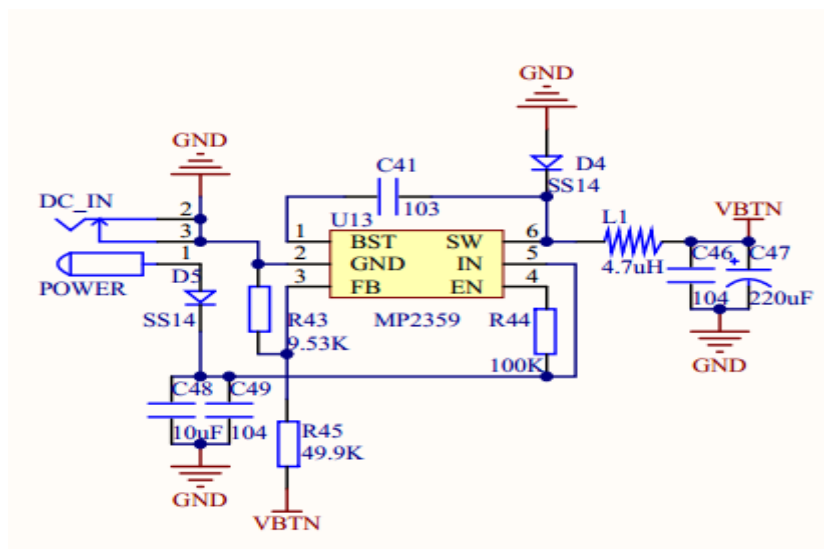


图 3-4 主控板供电电路图

另外主控板还可以通过 USB 进行供电，电路原理图如下图所示：

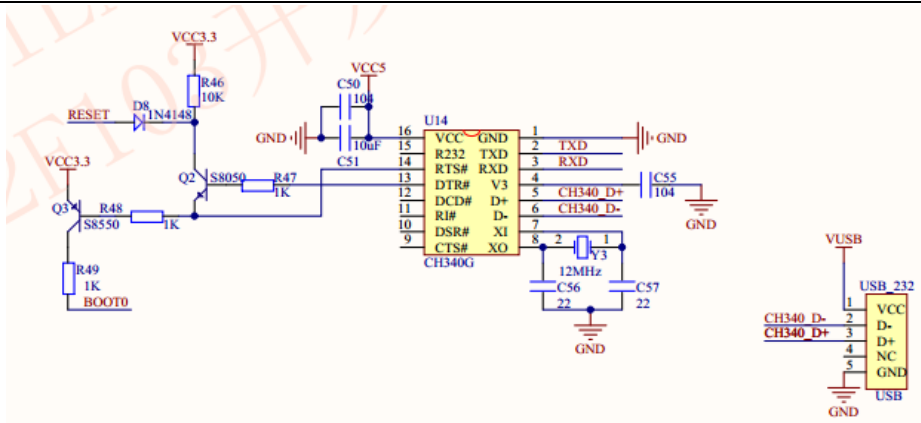


图 3-5 主控板 USB 供电电路图

### 3.3 显示电路设计

本系统显示系统主要由 TFT 屏组成, TFT-LCD 与无源 TN-LCD、STN-LCD 的简单矩阵不同, 它在液晶显示屏的每一个象素上都设置有一个薄膜晶体管 (TFT), 可有效地克服非选通时的串扰, 使显示液晶屏的静态特性与扫描线数无关, 因此大大提高了图像质量。TFT-LCD 也被叫做真彩液晶显示器。

其中 TFT 屏主要特性如下所示:

1. 2.4' /2.8' /3.5' /4.3' /7' 5 种大小的屏幕可选。
2. 320×240 的分辨率 (3.5' 分辨率为:320\*480, 4.3' 和 7' 分辨率为:800\*480)
3. 16 位真彩显示
4. 自带触摸屏, 可以用来作为控制输入

TFT 屏接口电路图如下图所示:

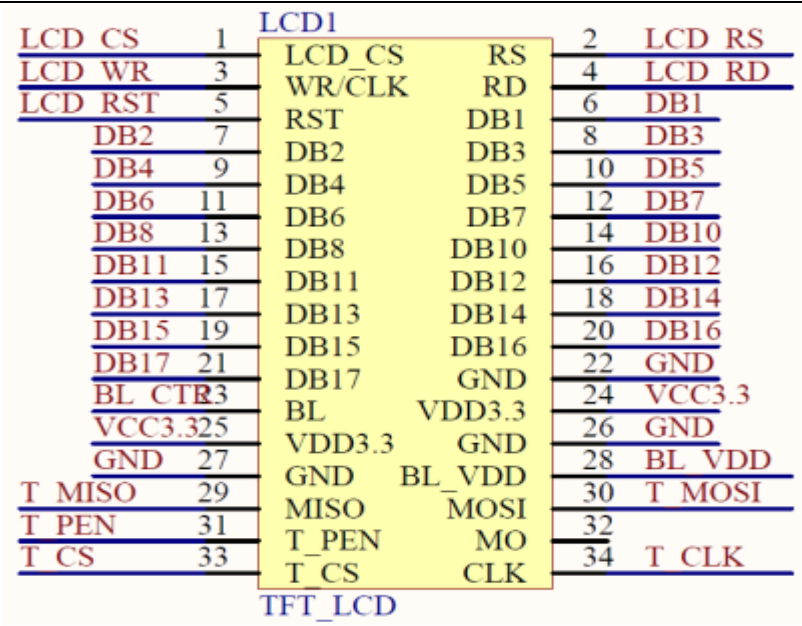


图 3-6 TFT 屏接口电路图

一般的 TFTLCD 模块使用流程图如下图所示：

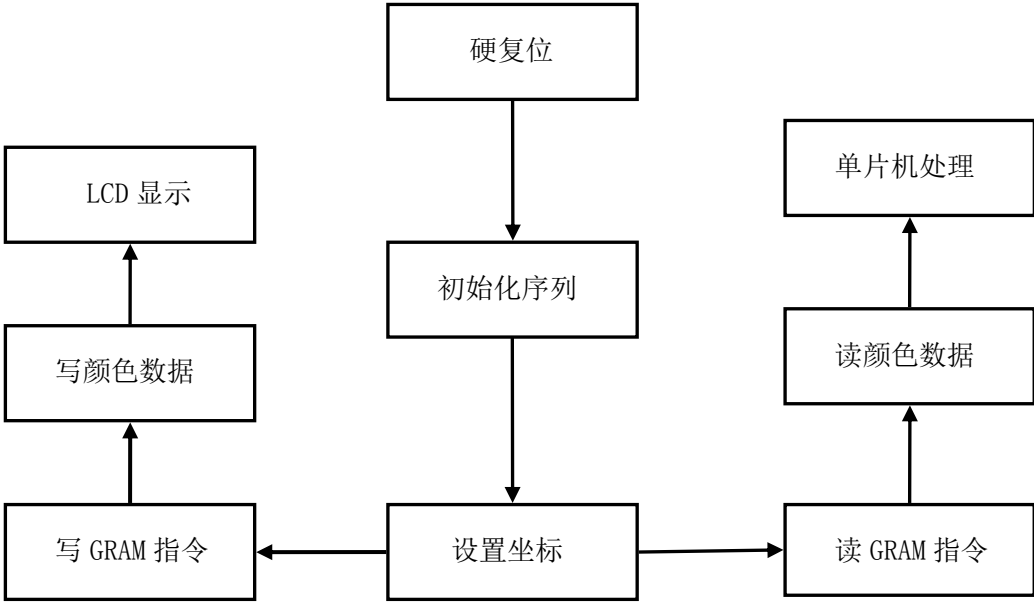


图 3-7 TFTLCD 模块使用流程图

3.4 无线通信电路设计

本系统的无线通信主要为两块 STM32 开发板之间的无线通信，一块放在车库系统之中，一块放在车载系统之中，当小车驶入停车场后，两则开始建立通信，然后二者协调来使汽车停放到相应位置。

其中 NRF24L01 无线模块的主要工作特性如下所示：

1. 2.4G 全球开放的 ISM 频段，免许可证使用。
2. 最高工作速率 2Mbps，高校的 GFSK 调制，抗干扰能力强。
3. 125 个可选的频道，满足多点通信和调频通信的需要。
4. 内置 CRC 检错和点对多点的通信地址控制。
5. 低工作电压（1.9~3.6V）。
6. 可设置自动应答，确保数据可靠传输。

NRF24L01 连接原理图如下图所示：

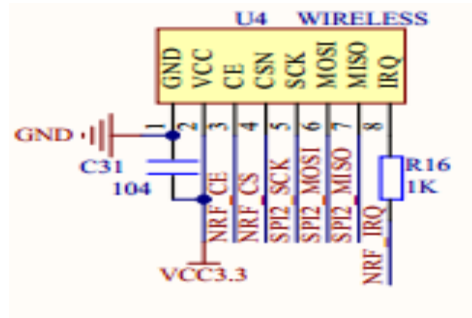


图 3-8 NRF24L01 连接原理图

### 3.5 机械结构设计

本系统采用多层结构设计，每一层有一个停车位，通过步进电机加丝杆来将小车送到相应的层数，然后通过摄像头定位来实现小车自动行驶到指定停车位，其中载车平台的升降通过步进电机加丝杆控制。

本系统机械结构流程图如下：

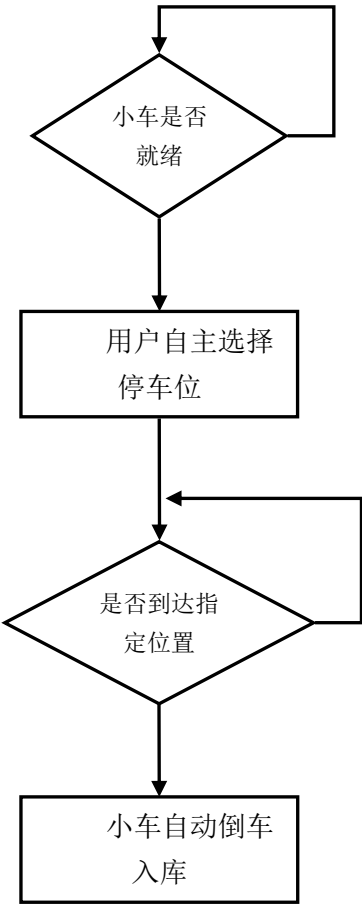


图 3-9 机械结构工作流程图

小车自动倒车入库基于摄像头的图像处理，来进行距离的测量，主要原理为 OV7725 摄像头可以读取彩色图片，通过读取底盘相应色块的面积大小，在通过对比色块的实际大小来计算出小车离停车位的距离。

## 第 4 章 系统软件设计

### 4.1 TFT 屏驱动及显示程序设计

#### 4.1.1 TFT 屏程序控制流程图

TFT 屏的控制函数主要由下图构成：

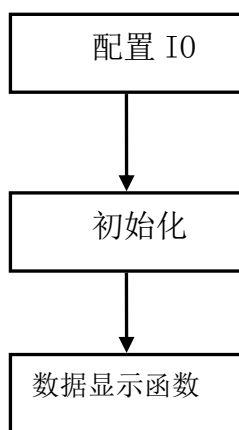


图 4-1 TFT 控制函数流程图

#### 4.1.2 TFT 屏驱动程序设计

本系统用到 FSMC 驱动 LCD，其中 TFTLCD 的 RS 接在 FSMC 的 A10 上面，CS 接在 FSMC\_NE4 上，并且是 16 位数据总线。即我们使用的是 FSMC 存储器 1 的第 4 区，我们定义如下 LCD 操作结构体。

如下代码为 LCD 驱动函数的部分代码：

```
void LCD_Init(void)
{
    RCC->AHBENR|=1<<8;           //使能 FSMC 时钟
    RCC->APB2ENR|=1<<3;           //使能 PORTB 时钟
    RCC->APB2ENR|=1<<5;           //使能 PORTD 时钟
    RCC->APB2ENR|=1<<6;           //使能 PORTE 时钟
    RCC->APB2ENR|=1<<8;           //使能 PORTG 时钟
    GPIOB->CRL&=0xFFFFFFF0;      //PB0 推挽输出 背光
```

---

```

GPIOB->CRL|=0X00000003;
//PORTD 复用推挽输出
GPIOD->CRH&=0X00FFF000;
GPIOD->CRH|=0XBB000BBB;
    LCD_WR_DATA(0x01);    //SAP[2:0];BT[3:0]
    LCD_WR_REG(0xC5);    //VCM control

    LCD_WR_DATA(0x3C);
    LCD_WR_DATA(0x05);
    LCD_WR_DATA(0x10);
    LCD_WR_DATA(0x0F);
    LCD_WR_DATA(0x3F);
    LCD_WR_DATA(0x3F);
    LCD_WR_DATA(0x0F);
    LCD_WR_REG(0x2B);
    LCD_WR_DATA(0x00);
    LCD_WR_DATA(0x00);
    LCD_WR_DATA(0x01);
    LCD_WR_DATA(0x3f);
    LCD_WR_REG(0x2A);
    LCD_WR_DATA(0x00);
    LCD_WR_DATA(0x00);
    LCD_WR_DATA(0x00);
    LCD_WR_DATA(0xef);
    LCD_WR_REG(0x11); //Exit Sleep
    delay_ms(120);
    LCD_WR_REG(0x29); //display on
}
LCD_Display_Dir(0);    //默认为竖屏
LCD_LED=1;            //点亮背光
LCD_Clear(WHITE);
}

```

## 4.2 无线通信程序设计

无线通信主要为 NRF24L01，两块主控板要想通过 NRF24L01 进行通信，二者都必须配置一块 NRF24L01 通信模块，主机和从机通过代码控制来实现无线通信。

### 4.2.1 无线通信程序流程图

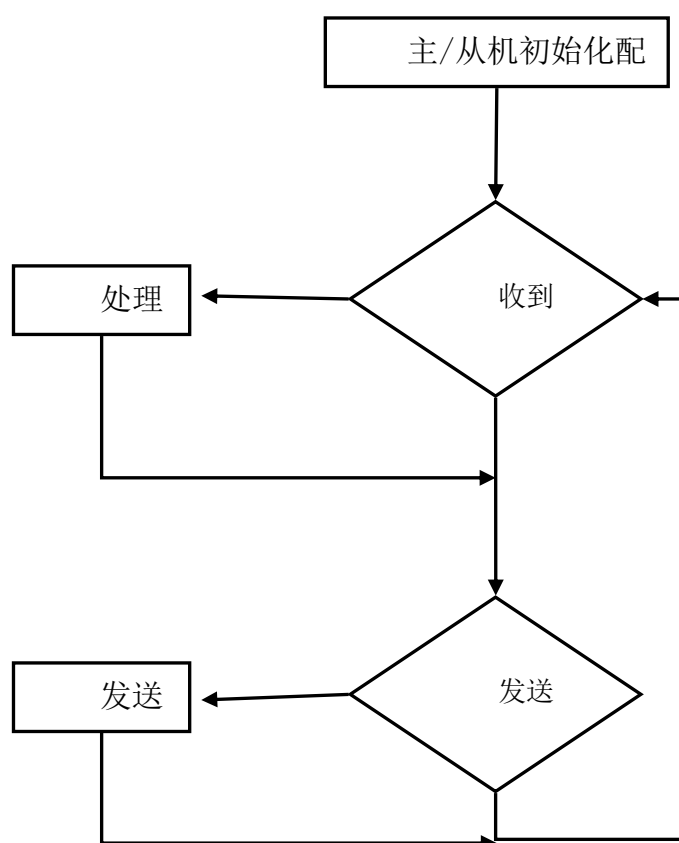


图 4-2 TFT 控制函数流程图



### 4.2.2 主机通信程序设计

其中部分从机通信代码如下：

```
const u8 TX_ADDRESS[TX_ADR_WIDTH]={0x34, 0x43, 0x10, 0x10, 0x01}; //发送地址
```

```
const u8 RX_ADDRESS[RX_ADR_WIDTH]={0x34, 0x43, 0x10, 0x10, 0x01}; //发送地址
```

```
//初始化 24L01 的 IO 口
```

```
void NRF24L01_Init(void)
```

```
{
    RCC->APB2ENR|=1<<3;    //使能 PORTB 时钟
    RCC->APB2ENR|=1<<8;    //使能 PORTG 时钟

    GPIOB->CRH&=0xFFFF0FFF;
    GPIOB->CRH|=0X00030000; //PB12 推挽
    GPIOB->ODR|=1<<12;     //PB12 上拉 防止 W25Qxx 的干扰

    GPIOG->CRL&=0X00FFFFFF;
    GPIOG->CRL|=0X38000000; //PG6 输入, PG7 推挽输出
    GPIOG->CRH&=0xFFFFFFFF;
    GPIOG->CRH|=0X00000003; //PG8 推挽输出
    GPIOG->ODR|=7<<6;      //PG6 7 8 上拉

    SPI2_Init();          //初始化 SPI
    //针对 NRF 的特点修改 SPI 的设置
    SPI2->CR1&=~(1<<6);   //SPI 设备失能
    SPI2->CR1&=~(1<<1);   //空闲模式下 SCK 为 0 CPOL=0
    SPI2->CR1&=~(1<<0);   //数据采样从第 1 个时间边沿开始, CPHA=0
    SPI2->CR1|=1<<6;      //SPI 设备使能

    NRF24L01_CE=0;        //使能 24L01
    NRF24L01_CSN=1;       //SPI 片选取消
}
```

```
void NRF24L01_TX_Mode(void)
```

```

{
    NRF24L01_CE=0;

    NRF24L01_Write_Buf(NRF_WRITE_REG+TX_ADDR, (u8*)TX_ADDRESS, TX_ADR_WIDTH); //
//写 TX 节点地址
    NRF24L01_Write_Reg(NRF_WRITE_REG+CONFIG, 0x0e); //配置基本工作模式
的参数;PWR_UP, EN_CRC, 16BIT_CRC, 发送模式, 开启所有中断
    NRF24L01_CE=1; //CE 为高, 10us 后启动发送
}

```

#### 4.2.3 从机通信程序设计

本分主机通信程序控制代码如下：

```

void SPI2_Init(void)
{
    RCC->APB2ENR|=1<<3; //PORTB 时钟使能
    RCC->APB1ENR|=1<<14; //SPI2 时钟使能
    //这里只针对 SPI 口初始化
    GPIOB->CRH&=0X000FFFFF;
    GPIOB->CRH|=0XBBB00000; //PB13/14/15 复用
    GPIOB->ODR|=0X7<<13; //PB13/14/15 上拉

    SPI2->CR1|=1<<2; //SPI 主机
    SPI2->CR1|=0<<11; //8bit 数据格式
    SPI2->CR1|=1<<1; //空闲模式下 SCK 为 1 CPOL=1
    SPI2->CR1|=1<<0; //数据采样从第二个时间边沿开始, CPHA=1
    //对 SPI2 属于 APB1 的外设. 时钟频率最大为 36M.
    SPI2->CR1|=3<<3; //Fck=Fpclk1/256
    SPI2->CR1|=0<<7; //MSBfirst
    SPI2->CR1|=1<<6; //SPI 设备使能
    SPI2_ReadWriteByte(0xff); //启动传输

    LCD_ShowString(30, 150, 200, 16, 16, "NRF24L01 TX_Mode");
    NRF24L01_TX_Mode();
}

```

---

```

mode=' ';//从空格键开始
while(1)
{
    if(NRF24L01_TxPacket(tmp_buf)==TX_OK)
    {
        LCD_ShowString(30,170,239,32,16,"Sended DATA:");
        LCD_ShowString(0,190,lcddev.width-1,32,16,tmp_buf);
        key=mode;
        for(t=0;t<32;t++)
        {
            key++;
            if(key>('~'))key=' ';
            tmp_buf[t]=key;
        }
        mode++;
        if(mode>('~'))mode=' ';
        tmp_buf[32]=0;//加入结束符
    }else
    {
        LCD_Fill(0,170,lcddev.width,170+16*3,WHITE);//清空显示

        LCD_ShowString(30,170,lcddev.width-1,32,16,"Send Failed");
    };
    LED0=!LED0;
    delay_ms(1500);
};
}
}

```