

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	II
引 言.....	1
1 总体方案设计.....	3
1.1 方案论证.....	3
1.2 项目总体设计.....	3
2 项目硬件设计.....	4
2.1 主控模块设计.....	4
2.1.1 单片机选型.....	4
2.1.2 STM32F103RCT6 芯片.....	4
2.2 单片机最小系统电路.....	5
2.3 电机驱动模块设计.....	7
2.4 红外模块设计.....	8
2.5 红外遥控模块设计.....	9
2.6 超声波避障模块设计.....	10
2.7 视觉采集模块设计.....	11
2.8 WIFI 模块设计.....	12
3 项目软件设计.....	14
3.1 软件开发环境介绍.....	14
3.2 视觉导航软件设计.....	15
3.3 循迹模块软件设计.....	16
4 仿真与调试.....	18
4.1 系统硬件调试.....	18
4.2 系统软件调试.....	18
4.3 实物测试.....	18
结论.....	20
参考文献.....	21
附录：程序主函数.....	23

致 谢27

摘 要

随着智能化的到来，通讯网络，计算机，自动控制等产品正在不断发展，人们对于产品的方便性以及舒适性也越来越看重，使得传统的人工工艺和机械装备不再满足人们的需求，而又随着时代水平的提高，汽车逐渐成为人们在生活和工作中不可缺少的工具。

为了消除人们在各种工业繁琐的危险环境对于自身的危险的问题，本着让工作更加高效而且节省成本，提升人们生活水平的原则，本课题利用 STM32 单片机作为主控芯片，视觉采集模块采用 USB 摄像头以及 PWM 驱动技术实现视觉导航小车，同时在小车上增加 WIFI 传输功能，从而实现人们可以规划小车的行驶路径以及人们可以在手机终端或者 PC 端实时看见周围的情况并且实时控制小车，从而随时应付突发情况。结果表明，通过完成系统总体设计、硬件设计、软件编写、软硬件调试的工作，人们完全可以让视觉导航小车去他们无法进入地方进行勘测，从而可以让工作更加有效，提升生活效率，而且对安全也可以得到保障，即使由于环境导致小车损坏，只需修理，既做到了节省成本，又可以消除安全隐患，从而带来了巨大的经济和社会效益。

关键词：STM32； PWM 驱动； WIFI； 视觉导航

Abstract

With the advent of intelligent, communication network, computer, automatic control, and other products are growing, people for the convenience and comfort of products also more and more value, makes the traditional manual craft and machinery and equipment no longer meet people's needs, and with the increase of age level, car become people indispensable tools in the life and work.

In order to eliminate people in all kinds of industrial cumbersome dangerous environment for their own problems, make work more efficient and cost savings, improve the principle of people's living standard, this topic using STM32 MCU as the master control chip, visual acquisition module driven by USB camera and PWM technology to realize visual navigation car, at the same time increase the WIFI transfer function on the car, so as to realize the moving path of people can plan the car and in the mobile terminal or PC real-time people could see the situation around and real-time control of the car, so as to cope with emergency at any time. Results show that by completing the system overall design, hardware design, software programming, hardware and software debugging work, people can make a vision navigation map the car to go to places where they cannot enter, thus can make work more effectively, improving the efficiency of life, but also to the safety can be guaranteed, timely car due to environmental damage, need to repair, both cost savings can be achieved, but also can eliminate the safety hidden trouble, which brought great economic and social benefits.

Keywords: STM32; PWM drive; WIFI; Visual navigation

引 言

随着时代的发展，人们在科技上的提高是显而易见的，智能化产品逐渐走进人们的生活当中。在如今的大数据时代，智能化产品无非是人们得力的助手，可以满足人们的各种需求，因为它们比人工作效率更快，更准。在 70-80 年代，人们驾驶汽车减轻负担，代替从前的车马，确实给让生活带来了便利和快捷，但是却增加了人们的疲劳以及艰辛。随着人们逐渐走在科技的前沿，智能化汽车走进各行各业。智能小车具有许多功能，例如自动跟踪，避障和可控驾驶。它可以在不同的环境中完成工作。智能小车在各个行业具有良好的应用价值，使得智能小车具有广阔的应用前景。

作为现代的新发明，智能小车可以根据预设模式在环境中自动运行，并且无需人工管理即可工作。智能小车可以像真正的汽车一样，显示生活的时间，此时行驶的速度以及里程总数。智能小车可以自动根据人们设置的轨迹进行移动，可以根据光线进行移动并且可以在即将碰见障碍物时进行躲避等功能。由于需要像汽车一样进行可控的行驶速度，停车定位位置，并把图像远程输出，它的研究离不开自动化专业，需要利用智能传感器技术，机器人控制技术，运动控制系统等多方面学科。除军事应用外，它还可以用于物流运输，地质勘探，灾害搜寻等领域。

视觉导航小车的研究主题来自对智能汽车自动驾驶功能的研究。智能汽车自动驾驶的研究可以对人类社会的进步产生重大影响。例如，在解决交通安全以及便捷的问题上，提高了交通网络的利用以及减少车辆排放等等。由于在数据控制终端中集成了嵌入式系统，该系统具有低功耗和高度集成的优点。将嵌入式技术应用于手持设备可以使其朝着更快、更薄、更用户友好的目标发展。

本课题研究目的是以 STM32 为基础设计的视觉导航小车，将它应用到人们的实际生活当中。视觉导航小车能够实现自主避障、自主行驶、实时采集小车周围的图像信息并在终端实时显示。将采集到的数据通过 WIFI 信号发送到手机终端或 PC 电脑，同时用户在终端可通过监控界面对智能小车发送控制指令从而达到灵活的控制视觉导航小车，小车在遇到障碍物时，通过设定的功能实现避障。该项技术还可用来控制家用电器，实现智能家居，故有很高的应用价值。本篇文章共分为四个章节，具体内容如下：

第一章重点说明了系统的方案设计，主要阐述了系统的功能和设计目标，并根据设计目的选择合适的主控芯片，做出了系统的总体方案设计框图。

第二章介绍了视觉导航小车的硬件设计，其中包含各个模块的设计原理，并根据系统的设计要求选取单片机型号，选择最适合小车功能的传感器和摄像头。

第三章介绍了系统的软件设计，简要介绍了系统的开发环境和应用程序设计。

第四章是视觉导航小车的调试部分，囊括了系统的硬件调试以及软件调试，并就本设计出现的问题，做了简单的论述以及解决办法。

1 总体方案设计

1.1 方案论证

本课题是为了让小车进入人类无法进入的地方进行勘测，从而让人类在手机终端或者 PC 端看见小车周围的环境，从而进行操作和工作。所以为了控制小车实现功能做出以下两种设计方案进行对比：

方案一：是采用 STM32 主控+摄像头+PWM 驱动技术实现视觉导航小车，具体为通过 STM32 作为主控芯片驱动小车，以便来控制小车的运行，根据视觉采集模块采集的图像信息通过 WIFI 模块发送到手机或电脑，人们在界面上实时查看，再将图像信息传递给 STM32，从而控制小车。

方案二：是采用 FPGA+图像采集单元+驱动板实现视觉导航小车，具体地，视觉导航小车利用 CMOS 传感器采集图像信息。FPGA 利用 COMS 传感器提供的时钟信号作为同步的信号进行图像采集，然后通过控制板的数字接口将相机的 8 位数据线和相应的控制信号直接连接到图像采集，优点是集成度高，速度快和可靠性高 **Error! Reference source not found.**。如果要更改驱动电路的时序并添加一些功能，则只需对设备进行重新编程。

经过比较，考虑到性能，第一种更加灵活。对于变化的车速，使用 PWM 脉冲代码速度控制进行控制，并通过更改电动机的平均电压来改变汽车的速度。相对于第二种，成本也是很低，所以采用第一种方案。

1.2 项目总体设计

本设计基于 STM32 主控模块，该功能主要通过 7 个模块的电路设计来实现，分别是电源模块，红外模块，电机驱动模块，视觉采集模块，WIFI 模块，循迹模块，超声波模块。系统功能图如图 1.1 所示。

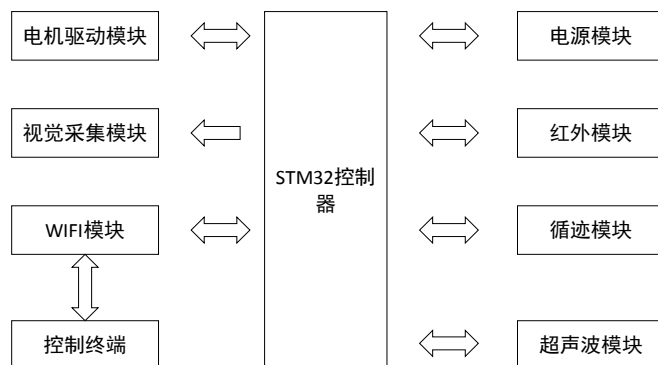


图 1.1 系统功能图

2 项目硬件设计

2.1 主控模块设计

2.1.1 单片机选型

控制芯片的选择应适合设计要求，性能应具有功耗低，性能高，稳定性好，存储空间大的优点。当设计要求准确时，代码指令的兼容性就很高。STM32 结构设计最大限度地减少了外围设备，以实现最大的集成度。与 STC89C51 相比，它具有更多 I/O 口，可以进行更多的功能，包括上电复位，按钮复位，定时器时钟等功能，可以用作系统的主时钟，以满足丰富的片外设备和各种接口 Error! Reference source not found.。因此，在本设计中，选择了 STM32，它起着编写程序的作用。它类似于微型计算机，可以用 C 语言和汇编语言进行编程，以它为核心，每个模块都连接到微控制器以实现各种功能。

2.1.2 STM32F103RCT6 芯片

本设计使用 STM32F103 系列单片机的 STM32F103RCT6 作为主控制芯片。STM32F103RCT6 是嵌入式微控制器集成电路 (IC)。该单片机具有 32 位 ARM Cortex-M3 内核，具有 72MHz 的速度和 512K FLASH 和 48K SRAM 存储器容量，具有 3 个 ADC，13 个通信接口。STM32F103 系列芯片的主要参数如图 2.1 所示：

Peripherals		STM32F103Rx			STM32F103Vx			STM32F103Zx		
Flash memory in Kbytes		256	384	512	256	384	512	256	384	512
SRAM in Kbytes		48	64 ⁽¹⁾		48	64		48	64	
FSMC		No			Yes ⁽²⁾			Yes		
Timers	General-purpose				4					
	Advanced-control				2					
	Basic				2					
Comm	SPI(I ² S) ⁽³⁾				3(2)					
	I ² C				2					
	USART				5					
	USB				1					
	CAN				1					
	SDIO				1					
	GPIOs		51			80			112	
12-bit ADC Number of channels		3 16			3 15			3 21		
12-bit DAC Number of channels					2 2					
CPU frequency					72 MHz					
Operating voltage					2.0 to 3.6 V					
Operating temperatures					Ambient temperatures: -40 to +85 °C / -40 to +105 °C (see Table 10) Junction temperature: -40 to +125 °C (see Table 10)					
Package		LQFP64, WLCSP64			LQFP100, BGA100			LQFP144, BGA144		

图 2.1 STM32F103 系列

其中本设计选用的 STM32F103RCT6 的管脚描述如图 2.2 所示：

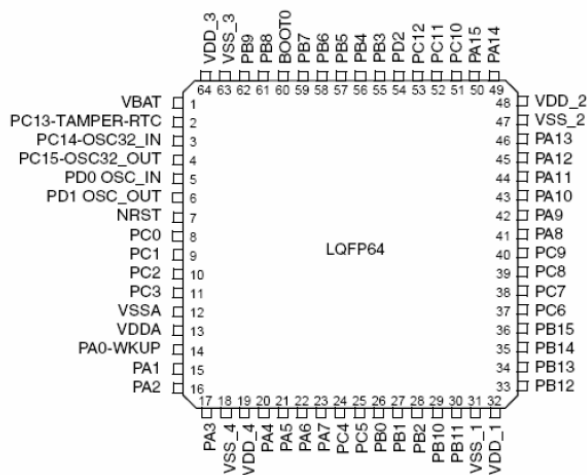


图 2.2 STM32F103RCT6 引脚图

2.2 单片机最小系统电路

STM32F103 的最小系统电路由电源电路，时钟源电路，BOOT 启动电路，调试接口电路，复位电路五部分组成。最小系统原理图如图 2.3 所示：

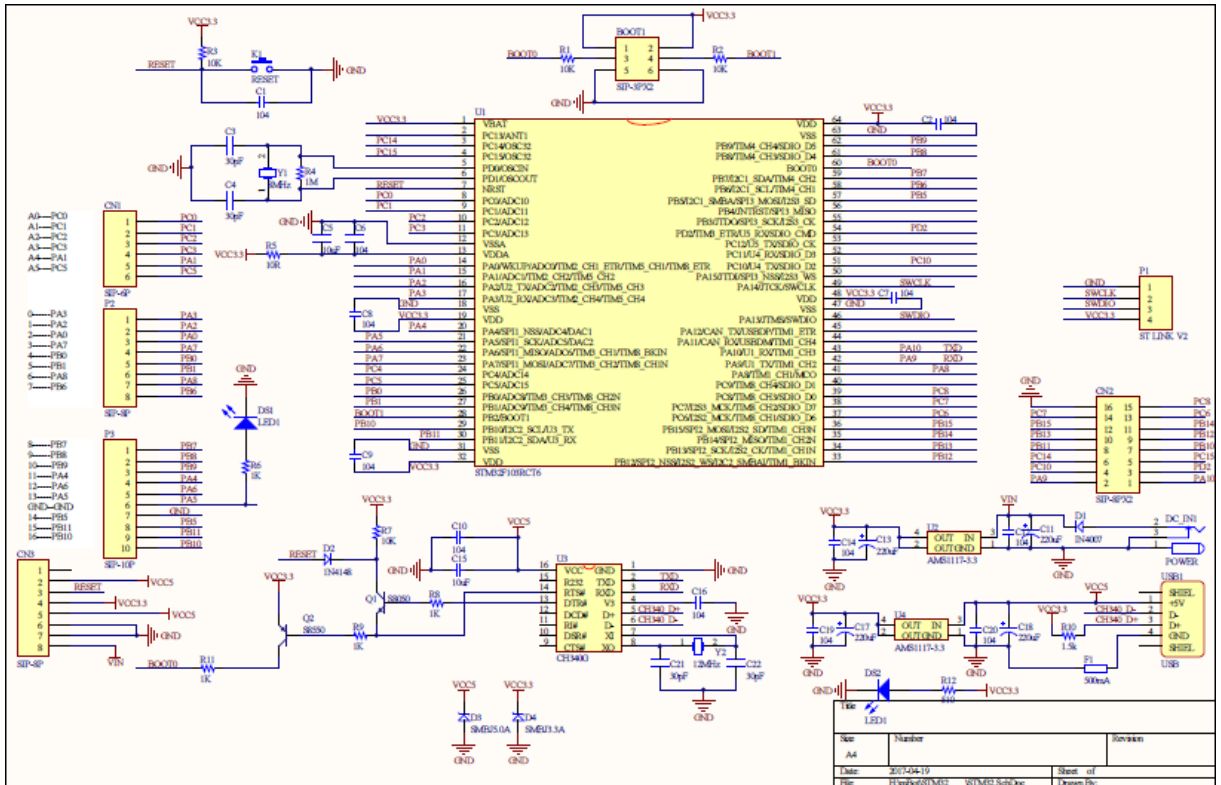


图 2.3 最小系统原理图

晶振电路也就是时钟电路，整个系统处理信号和其它各部分运行也是一个频率，晶振电路就是为它们提供一个稳定的振荡频率，使系统各部分保持同步。本设计的晶振电路由两个 $30\ \mu\text{F}$ 的电容器和一个 8MHz 的晶振组成。本设计使用的是内部时钟方式，即使用晶振内部电路产生时钟脉冲。

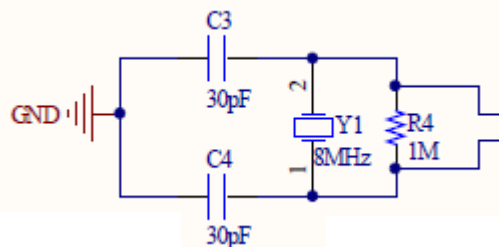


图 2.4 晶振电路原理图

每个单片机系统都需要带复位电路。单片机复位电路就好比电脑的重启部分，当电脑在使用中出现死机，按下重启按钮电脑内部的程序从头开始执行。单片机也一样，当单片机系统在运行中，受到环境干扰出现程序跑飞的时候，按下复位按钮内部的程序自动从头开始执行。STM32 只需在 RESET 接低电平信号即可实现复位功能，在单片机系统中，系统上电启动的时候复位一次，当按键按下的时候系统再次复位，如果释放后再按下，系统还会复位。所以可以通过按键的断开和闭合在运行的系统中控制其复位。图 2.5 如下图所示：

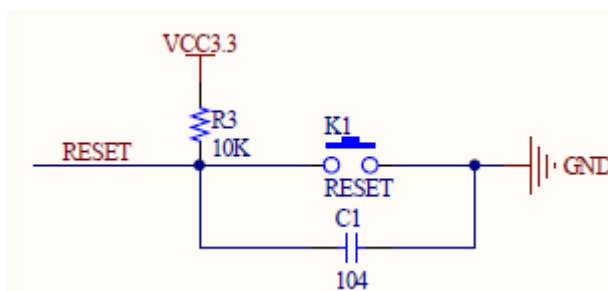


图 2.5 复位电路原理图

2.3 电机驱动模块设计

本设计使用的是 L298N 电机驱动模块，原理图如下图 2.6 所示。该芯片使用标准逻辑电平控制信号，并具有两个使能控制信号，可以检测外部电阻的变化并将该变化反馈到控制电路，为了改变车速，使用 PWM 脉冲编码速度控制来操控，并且通过改变 DC 伺服电动机的占空比电压来改变平均电压的值，从而改变电动机的速度 Error! Reference source not found.。相比于其他电机，还具有以下几点优点：

- (1) 直流电动机的转矩大，可以克服传动装置的摩擦转矩和负载转矩；
- (2) 能适应各种复杂的速度和信号的快速变化，并具有良好的响应能力；
- (3) 直流电动机的空载转矩大。当控制系统失速时，它可以立即做出反应并产生大扭矩，以防止汽车由于惯性而继续前进；
- (4) 与其他电动机相比，直流电动机声音小，运行稳定。

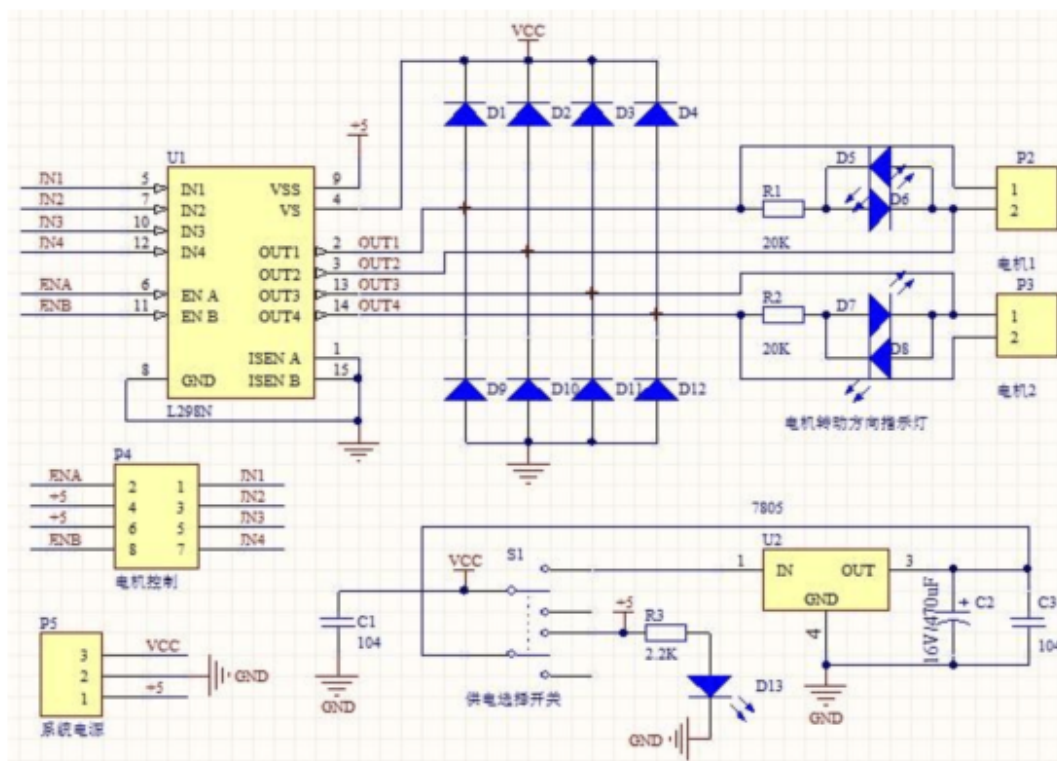


图 2.6 L298N 电机驱动模块原理图

其中，p4 是电机控制部分， L298N 用于驱动四个直流减速电机。本设计中，四个直流电机的线左右两边分别用不同颜色的线连接电机驱动模块的 OUT1, OUT2, OUT3, OUT4, 引脚 A 和 B 可用于 PWM 控制实现直线行驶，转弯，加速和减速等待动作。在本设计中，当给定 ENA 使能端的信号为 1，IN1 为 1，IN2 为 0 时，电动机正转；当给定的 IN1 为 0，IN2 为 1 时，电动机反转，原理相同，这样就能控制电动机的正反转。当给定 ENA 使能端的信号为 0 时，电动机停止转动。

2.4 红外模块设计

在视觉导航小车的设计中，为了实现最基本的循迹功能以及避障功能，采用了 2 个 TCRT5000 循迹模块，2 个红外避障模块。本设计中，利用红外线对不同物体的的反射特性不一样的原则，对白色物体，红外线反射多，对黑色物体，红外线反射少的特性，进行了循迹模块的设计，将左右循迹的线插在了单片机的 D3 和 D4 引脚上。循迹模块的工作原理是当左循迹模块检测到是白色，右循迹模块检测到的也是白色，小车继续根据轨迹行驶；当左循迹模块检测到是黑色，右循迹模块检测到的是白色，小车会根据检测到的信号向右行驶；当左循迹模块检测到是白色，右循迹模块检测到的是黑色，小车会根据检测到的信号向左行驶。

在本设计中，为了让小车通过两种不同方式进行避障，选用了红外避障模块，红外避障的方向是向前进行发射，和循迹是向下进行发射，在调试过程中，将左右避障模块的线分别插在了单片机的 D5 和 D6 引脚上，如图 2.7 所示。红外避障模块的工作原理是红外灯检测到前方有障碍物，将输出低电平，相应电路板上的指示灯点亮，如果没有障碍物，则输出高电平。

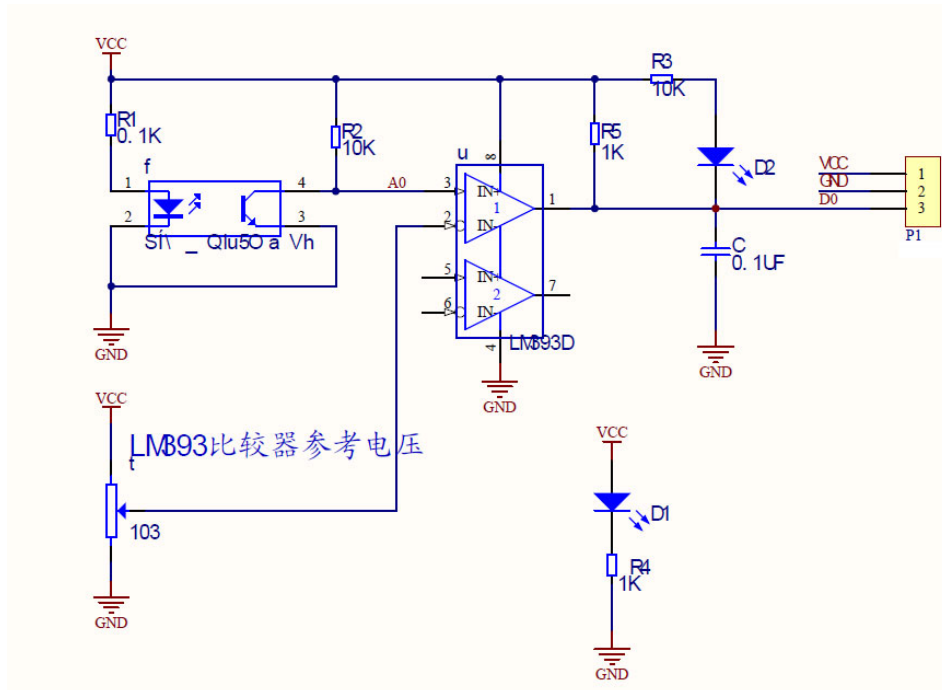


图 2.7 循迹和避障模块原理图

2.5 红外遥控模块设计

为了让人们可以在现场远程控制小车，从遥控器进行调试小车，让它去人们无法工作的地方进行工作，所以在本课题中加了一个红外接收头，插在了单片机的 A4 端口上，如下图 2.8 所示，用来遥控视觉导航小车。可以通过按遥控器的按钮，对小车进行控制，CH 键是前进，蓝色是向左前进，绿色是向右前进，十号是向后倒退，蓝色的向右键是停止，遥控器如下图 2.9 所示。当用遥控器对着红外接收头控制时，红外线进入模块，它可以在其输出端便可以获悉原来发射器发出的数字编码，只要它由 STM32 解码程序解码，就可以知道按下了哪个按钮并执行相应的控制过程以完成红外遥控操作。

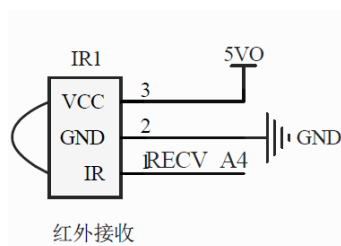


图 2.8 红外接收头原理图



图 2.9 遥控器实物图

2.6 超声波避障模块设计

为了避免小车在没人看管的情况下碰撞发生事故，又根据超声波测距，测量距离障碍物的位置可以避免这种事故，因此本设计中加入超声波避障模块以便实现该需求。

根据设计要求，当超声波模块检测到前方有障碍物时，小车会停止移动并往后退一定距离，防止小车由于速度过快，从而传感器无法分析信号，在小车后退之后，舵机会开始左右转动，超声波模块开始工作，这时超声波模块会检测到三个数据值，左侧右侧前方，这时候会进行判断，这样的连续周期测量可以达到移动测量的值，小车可以根据测量值避开障碍物。因此，为了符合项目需求，选用了 HC-SR04，该模块使用电压为 5V，静态电流小于 2mA，感应角度不大于 15 度，探测距离足够。该模块共有 4 个引脚，两个电源引脚，2 个控制引脚，并将引脚插在单片机上，超声波模块原理图如下 2.10 中所示。

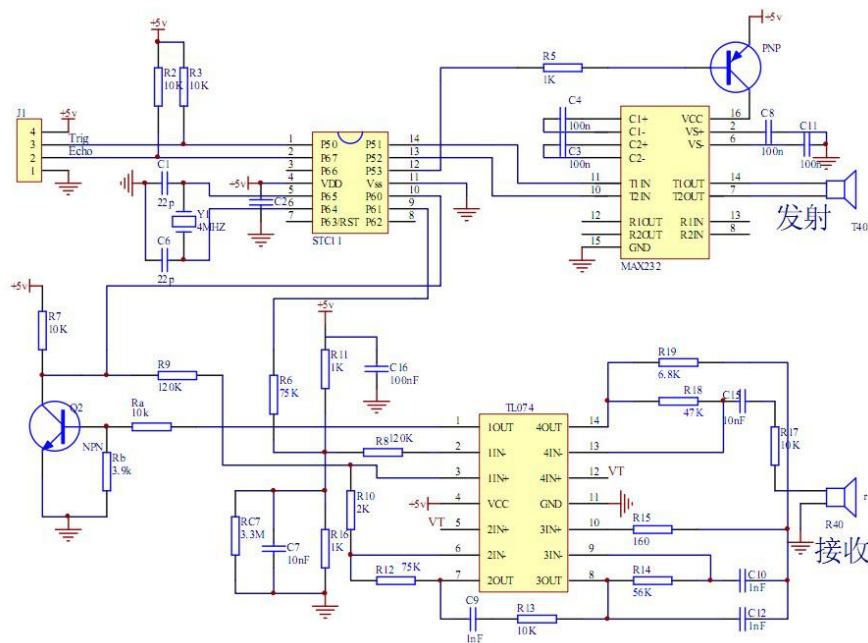


图 2.10 超声波模块原理图

2.7 视觉采集模块设计

本课题的目的是为了让视觉导航小车进入人们无法进入的地方，以便人们可以在手机端或 PC 端看到视觉导航小车周围的环境，以执行操作和工作。因此，为了实现观察功能，必须添加摄像头。摄像头的工作原理是通过图像传感器实现的。图像传感器的工作原理是将采集的场景对象的 AD 样本转换为图像电信号，然后将图像电信号发送到图像。根据处理芯片的像素大小和颜色分布，将其转换为相应的数字信号。成像系统基于对转换后的数字信号的分析 and 提取来判断获得了用于收集视频信息的各种运动信号。当前，有 CMOS 摄像头和 USB 摄像头。基于以上分析，比较了以下两种设计方案。

方案一：使用通用的 CMOS 图像传感器。它内部不仅包含图像传感器，还包含转换器，并且是可以连接到 SCCB 接口的主机控制芯片或视频编码器。CMOS 重量轻且外围电路简单，并且可以由 5V 供电。

方案二：采用 USB 数字摄像头。摄像机无需驱动即可实时收集数字视频信息。

由于 USB 接口是当前广泛使用的接口模式，即插即用且易于使用，因此，选择了 Moshengrqeso008USB 摄像头。为了使电路设计更加简单方便，所以采用 USB 连接，仅从连接 WIFI 模块获得的电压可以满足摄像头

正常工作所需的电压，因此无需连接外部电压。尽管就捕获动态图像和成像清晰度而言，USB 摄像头无法与接口摄像头相提并论，但其操作简单且即插即用。

2.8 WIFI 模块设计

随着时代的不断进步，WIFI 技术也在不断完善，甚至进入人们的生活，无论人们身在何处，都可以连接 WIFI 进行娱乐。由于通信方式比传统通信方式具有更大的覆盖范围，布线相对简单，传输速度快，因此可以应用于机电设备密集，空间小的煤矿，在有缆电缆连接很困难的环境中，并满足复杂工业现场对环境危害的各种要求，因此在视觉导航小车的设计中，为了使人们能够实时观察视觉导航小车的行驶周边情况，并可以在 PC 或手机上控制小车，所以本课题是在视觉导航小车中添加 WIFI 模块进行传输，在安装完 WIFI 模块之后，将杜邦线插在单片机的端口上，根据顺序依次连接。该模块体积小，功耗低，发热量低，WIFI 和网络端口的传输性能稳定。模块的外围电路非常简单，仅需添加 3.3V 直流电源即可启动系统并控制 WIFI。其参数以及实物如下 2.11 和 2.12 所示。

支持操作系统	Openwrt (linux)
处理器	AR9331 MIPS 24K
系统频率	400MHz
内存	64MByte DDR2 RAM
存储 Flash	8MByte/16MByte (默认是 8M)
以太网口	2 个 WAN/LAN 10/100M 自适应
USB 接口	1 个 USB 2.0 host 接口
UART 串口	1 个 (一般用于串口调试)
GPIO 口	总共 16 个 (与其他功能复用)
I2S	1 路, 引脚名称 CK、WS、SD、MCK、MICIN, 支持 VOIP 应用
模块尺寸	39.0mm x 23.0mm x 8.5mm
引脚接口	2 个 1x19 2.0mm 排针接口
工作电压	5.0V ±10%
平均功耗	0.45W
天线接口	IPEX
工作温度	-10~70℃
无线协议	支持 IEEE802.11 b/g/n
无线速率	最大 150Mbps
RF 功率	最大 18dbm
无线传输距离	100 米 (空旷地带)
无线工作模式	路由、AP、中继、桥接

图 2.11 WIFI 模块参数图

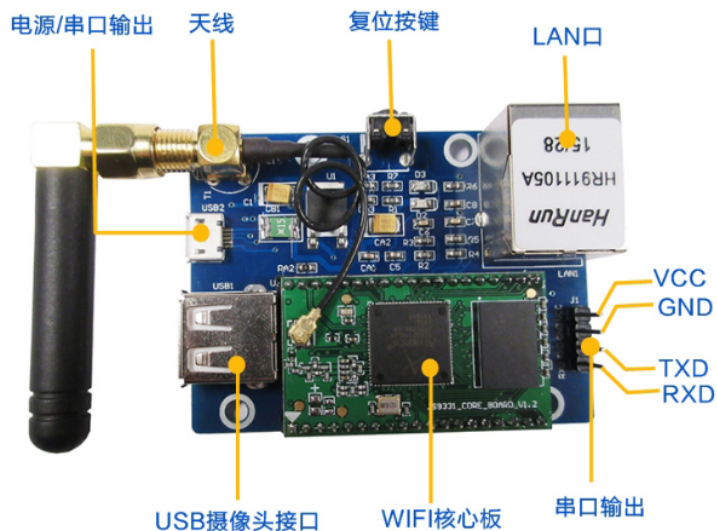


图 2.12 WIFI 模块实物图

3 项目软件设计

3.1 软件开发环境介绍

Keil 是行业领先的微控制器(MCU)软件开发工具的独立供应商。Keil 是由 Keil Software 在美国生产的单片机 C 语言软件开发系统。与汇编语言相比，C 语言在功能，结构，可读性和可维护性方面具有明显的优势，因此易于学习和使用， Keil 提供了完整的开发解决方案，包括 C 编译器，宏汇编，链接器，库管理和强大的仿真调试器，这些部分通过集成的开发环境进行组合， Keil 软件使用 Windows 界面提供了功能强大的集成开发和调试工具以及库功能，另一方面，Keil 具有非常高效的代码编译功能，其生成的目标代码十分契合项目使用，并且大多数语句生成的汇编代码易于理解和紧凑 Error! Reference source not found.。在大规模软件开发中，它可以更好地体现高级语言的优势。

```
1 #include "stm32f10x.h"
2
3 void Delay(u32 count)
4 {
5     u32 i=0;
6     for(;i<count;i++);
7 }
8
9 int main(void)
10 {
11     GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
12
13     RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA|RCC_APB2Periph_GPIOD, ENABLE); //使能PA,PD端口时钟
14
15     GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_5; //LED0-->PA.8 端口配置
16     GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP; //推挽输出
17     GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz; //IO口速度为50MHz
18     GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure); //根据设定参数初始化GPIOA.8
19     GPIO_SetBits(GPIOA, GPIO_Pin_5); //PA.8 输出高
20
21     GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_2; //LED1-->PD.2 端口配置, 推挽输出
22     GPIO_Init(GPIOD, &GPIO_InitStructure); //推挽输出, IO口速度为50MHz
23     GPIO_SetBits(GPIOD, GPIO_Pin_2); //PD.2 输出高
24     while(1)
25     {
26         GPIO_ResetBits(GPIOA, GPIO_Pin_5);
27         GPIO_SetBits(GPIOD, GPIO_Pin_2);
28         Delay(3000000);
29     }
30 }
```

图 3.1 Keil_5 软件界面

软件开发流程图如图 3.2 所示。

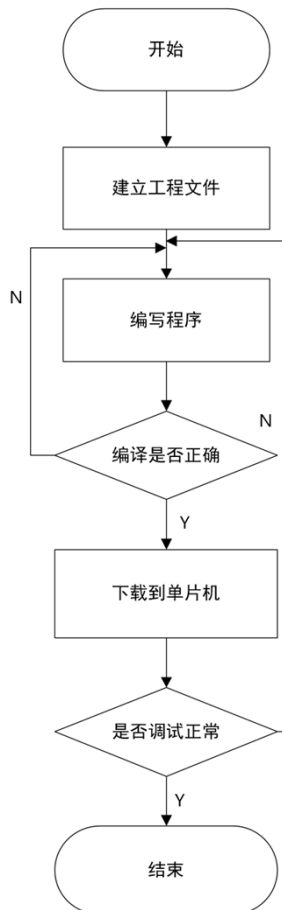


图 3.2 软件开发流程图

3.2 视觉导航软件设计

在本设计中，人们可以通过手机或 PC 控制视觉导航小车，因此需要设计出一个视觉导航软件的程序。本设计要实现的是，人们

可以使用电脑或手机选择不同的按钮来控制小车，并实际监视视频机器以建立连接。人们可以在计算机界面上选择不同的按钮，并发送适当的命令来控制小车的运行和实时视频监控。该系统的目的是控制计算机上的终端软件。通过使用 Visual C ++设计软件，它具有开发环境可视化的特征。用户可以直接在界面上进行编程，这给开发人员带来了许多便利。在 PC 端可以实现的功能是

- (1) 实时监控显示。可以实时显示摄像头采集的图像；
- (2) 可以对小车进行控制。比如说前进，后退，左右移动。

本设计中的应用程序设计也是两个部分。一部分是控制界面，另一部分是视频界面。在控制界面中，人们可以看到小车的不同行驶状态，并控制车辆向前，向后，向左和向右行驶。在视频界面中，人们可以看到视频的 IP 地址和视频显示界面。然后结合这两个界面，可以同时手机上看到这两个界面，如图 3.3 所示。

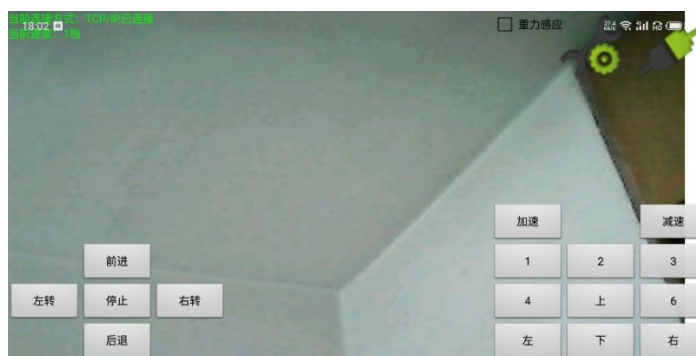


图 3.3 手机界面

视觉导航软件流程设计图如图 3.4 所示。

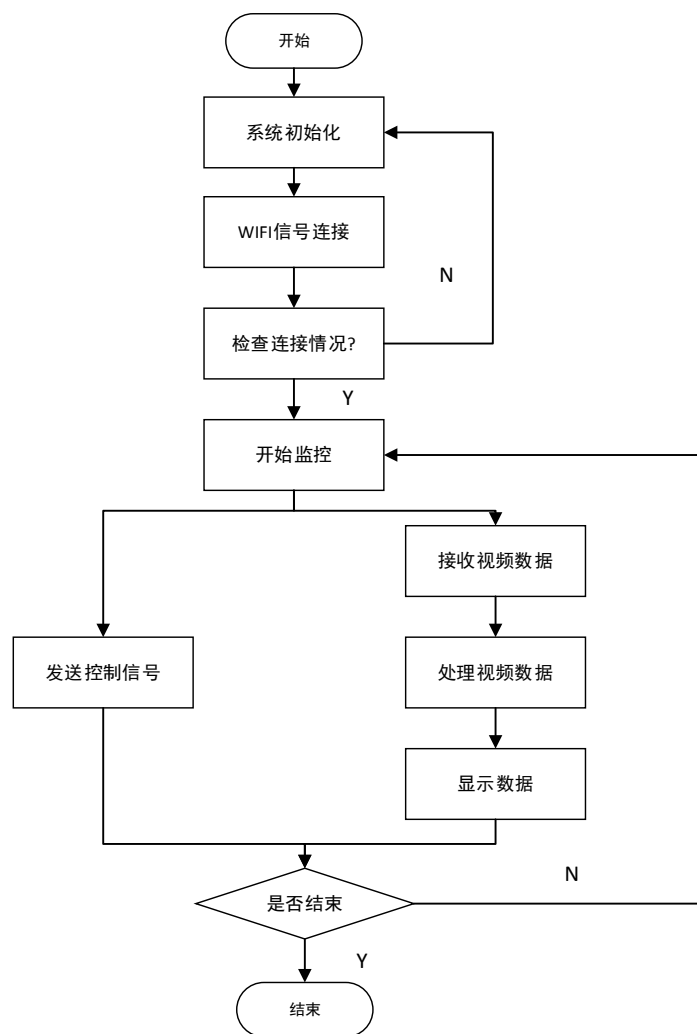


图 3.4 视觉导航软件设计图

3.3 循迹模块软件设计

若想让小车在规定的轨迹上进行前进，后退，左转，右转，应当在软件设计中，编程好小车的代码，如下图 3.5 所示，循迹模块的流程图如下图 3.6 所示，当按下转接板的按钮时，系统开始初始化，小车开始在黑色引导线上移动，当左循迹模块检测到是白色，右循迹模块检测到的也是白色，小车继续根据轨迹行驶；当左循迹模块检测到是黑色，右循迹模块检测到的是白色，小车会根据检测到的信号向右行驶；当左循迹模块检测到是白色，右循迹模块检测到的是黑色，小车会根据检测到的信号向左行驶。

```

127 //运动函数 //前进函数
128 void ZYSTM32_run(signed char speed,int time) //前进函数
129 {
130     signed char f_speed = - speed;
131     SetMotorSpeed(1,f_speed); //左轮 //为负数
132     SetMotorSpeed(0,speed); //右轮 //为正数
133     delay_ms(time); //时间为毫秒
134 }
135
136
137 void ZYSTM32_brake(int time) //刹车函数
138 {
139     SetMotorSpeed(1,0); //左轮 //为0
140     SetMotorSpeed(0,0); //右轮 //为0
141     RIGHT_MOTOR_GO_RESET;
142     LEFT_MOTOR_GO_RESET;
143     delay_ms(time); //时间为毫秒
144 }
145
146 void ZYSTM32_Left(signed char speed,int time) //左转函数
147 {
148     SetMotorSpeed(1,0); //左轮 //左轮不动
149     SetMotorSpeed(0,speed); //右轮为正 //右轮为正
150     delay_ms(time); //时间为毫秒
151 }
152
153 void ZYSTM32_Spin_Left(signed char speed,int time) //左旋转函数
154 {

```

图 3.5 循迹模块软件设计图

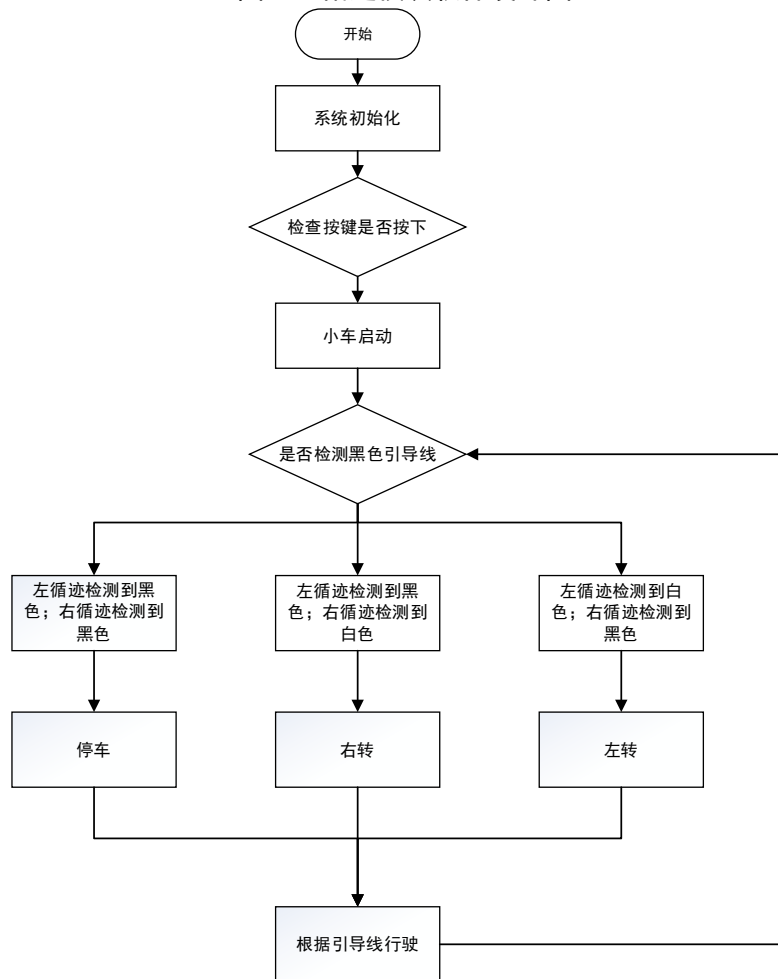


图 3.6 循迹模块流程图

4 仿真与调试

4.1 系统硬件调试

在调试的过程中，小车循迹出现了在地面上不走的情况，于是检查了两路循迹探头

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/106131240043010110>