

具有无线充电的变电站巡检机器人硬件

目录

- 一、 导航系统硬件.....1
 - 1.1 红外热成像仪.....1
 - 1.2 可见光摄像仪.....1
 - 1.3 双仓中载云台.....2
 - 1.4 底盘.....2
 - 1.5 激光雷达.....3
 - 1.6 导航系统计算机.....3
 - 1.7 遥控器.....3
- 二、 无线充电系统硬件.....3
 - 2.1 发射端硬件设计.....3
 - 2.1.1 概述.....3
 - 2.1.2 原理图.....4
 - 2.2 接收端硬件设计.....11
 - 2.2.1 概述.....11
 - 2.2.2 原理图.....11
- 三、 结束语.....12

一、导航系统硬件

1.1 红外热成像仪

型号: TOTRIC 726

个数: 1

总价: 3.688 万

图像分辨率: 384×288 像素

视场角: $28^\circ \times 21^\circ$

空间分辨率: 1.27mrad

测温范围: $-20^\circ\text{C} \sim +350^\circ\text{C}$

对焦方式: 电动调焦, 自动对焦

响应波长: $8 \sim 14\mu\text{m}$

热灵敏度: $<0.05^\circ\text{C}$

测温精度: $\pm 2^\circ\text{C}$ 或 $\pm 2\%$

测温点: 无限制

调色板: 铁红、黑白、彩虹、熔岩、黑白 (10 色)、灰红、医疗色

SDK: 模块化 SDK 开发软件, 丰富 DEMO 程序

支持: 兼容 windows, Linux 程序

1.2 可见光摄像机

型号: DS-2ZCN3007

个数: 1

有效像素: 210 万像素逐行扫描 1/2.8 CMOS

光学镜头: 4.3-129mm/30 倍光学变焦

最低照度: [彩色 0.05lux@F1.6](#)

图像传感器: 1280*960

信号传输: 控制命令、图像和数据

类型: 百兆以太网

连接器类型: RJ-45

通信协议: TCP, UDP, HTTP

1.3 双仓中载云台

云台类型：360 度旋转高精度数字化云台

个数：1

总价：与可见光摄像仪共 1.912 万

水平范围：0° ~360° 连续旋转

水平速度：0.01° ~60° /s

垂直范围：-60° ~+60°

垂直速度：0.01° ~30° /s

预置位：256 个

巡航：支持

雨刷/加热/风扇：具备

视窗：锗玻璃

抗雷击浪涌：GB/T17626.5-2008

电源：AC24V/DC24V 双电源输入

功耗：75W

启动时间：<15s

工作环境：-45℃~+50℃，IEC 60068-2-30/24 h 95% 相对湿度

存储温度：-40℃~+70℃

封装：IP 66 (IEC 60529)

抗撞击：25g (IEC 60068-2-29)

抗震动：2g (IEC 60068-2-6)

基本安装：支架安装

产品尺寸：521mm×223mm×196mm

材料：铝合金

安装环境：室内/室外

1.4 底盘

个数：1

总价：3.9 万

长宽高：0.99*0.336*0.345 米

轴距：0.648 米

最小转弯半径：1.75 米

最大爬坡高度：15°

空载重量：50kg

最大载荷：80kg

最高车速：1.5m/s。

电池：锂电池 24v 20ah

驱动形式：前轮转向后轮驱动

续航时间：4 小时

续航里程：20km

工作温度：0~40 度，不防水（在于电池温度范围小，可更换电池）

1.5 激光雷达

个数：2

总价：2 万

检测距离：50~150m 可选，激光点云每秒 32 万

兼容性：兼容 velodyne，禾赛，速腾，镭神等多个厂家

1.6 导航系统计算机

机器人底盘上安装的用于实现导航、规划、控制功能的工控机，工控机配置为 i7 7700H 处理器，16G 内存，256G 固态硬盘，工作环境为 ubuntu16.04+ROS kinetic。

1.7 遥控器

用于使用者操作机器人底盘的航模 2.4G 遥控器，有效传输距离 1Km（无遮挡情况下）。

二、无线充电系统硬件

2.1 发射端硬件设计

2.1.1 概述

发射端的核心功能是将直流电转换为交流电后通过线圈将能量发射出去。在核心功能之外，为了提升其易维护性以提升用户体验，又在核心功能的基础上

增加了一系列附加功能。这些附加功能包括但不限于：和上位机进行通信，与接收端通信，电压电流监测与保护等。首先，核心功能的实现依赖于完整的电源供给，完整的实质意义在于提供各器件所需要的电压等级，比如 12V、5V、3.3V 等。再者，电流从直流连续转换到交流发射需要经历一系列过程，这个过程除了包括各级电压电流保护外，其主要内容是通过 BUCK 斩波电路控制发送电压，通过半桥逆变电路将直流电转换为交流电。核心功能以及附加功能的详细介绍将主要在原理图基础上一一介绍。发射端控制电路原理示意图如图 2.1 所示。

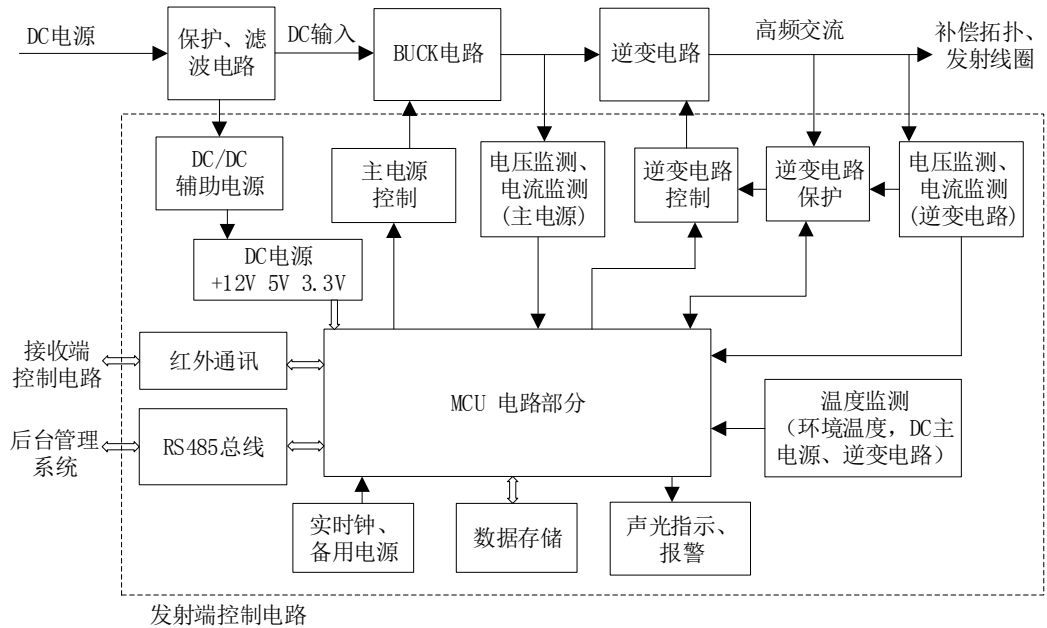


图 2.1 发射端原理示意图

2.1.2 原理图

1) MCU 主控制模块

本项目发射端主控芯片为 STM32F103RCT6。F1 是 STM32 基础型芯片，相对于 F0 级芯片而言功能较为完善，即外设接口较多，而在价位上相对于 F4、F7 而言又十分低廉。但是究其根本，选择该芯片的原因还是在于功能足够，价钱最低，这是选择一款工业配件的基本原则。该芯片型号倒数第三位的 C 表示闪存即 FLASH 容量为 256KB，和 STM32F103C8T6 的 64KB 闪存相比有了两个计算机量级的提升，这对于本项目而言十分重要，因为许多系统运行的信息有赖于保存到 FLASH，以便系统下次开机调用。

发射端用到的 MCU 外设功能包括：串口通信，用于同上位机通信，主要使用场合为调试和投放后运行时同系统主机的通信，当然通信是通过 RS485 接口以半双工方式进行；SPI 通信，用于同频率合成芯片 AD9833 通信，可以生成如正弦波、方波、三角波等波形，虽然 AD9833 的通信接口为三线制串口通信，并非标准的 SPI 四线制接口，但是可以兼容 SPI、QSPI、MICROWIRE、DSP 等串口通信标

准，虽然频率合成这一功能连鸡肋都不如，但是这确实是项目内容，没办法不介绍；PWM 波生成，这是 MCU 自带时钟的其中一个功能，还是十分强悍的，用好了可以事半功倍，用不好就事倍功半了，在本项目中只用到了时钟 5 的通道 1，用来生成 PWM 波控制 BUCK 电路的 MOS 管，以产生目标输出电压；AD 采样，AD 采样可以说是本项目发射端的一个核心功能，因为这是完成控制的一个关键点，原理图中从 AD12 到 AD15 共四个 AD 采样通道，用以采样电压、电流、温度等数据；普通 IO 外设，用于实现按键控制、LED 灯控制、485 收发控制等功能。另外，程序下载与调试接口并不在外设范畴内，本项目虽然引出了 ST-LINK 调试所需的所有接口，但是最终只用到了其中的四根线，即四线制 SW 标准，只需要 SWDIO、SWCLK、3.3V 以及 GND 即可快速下载程序和完美进行程序调试，程序下载器为 JLINK-OB，相比 ST-LINK 价格低很多。

一块芯片能够运行，有赖于其最小系统，最小系统即芯片能够成功运行所需的最基本的硬件模块。MCU 能够运行，需要保障以下硬件的有效连接：①电源，包括所有 VSS/VDD 接口、VBAT 接口、AVDD 以及 AGND 接口。滤波电容是必不可少的，并且在画 PCB 时应让对应滤波电容尽量靠近对应电源引脚以提升运行稳定性。许多人在最开始做板时总忘了连接模拟电源接口而导致芯片不能成功运行。②BOOT 引脚，BOOT 引脚的连接决定了芯片运行起始位置，为了让芯片能够成功运行程序，我们需要将 BOOT0 以及 BOOT1 引脚均通过 10k 电阻连接到地，即置 0。③晶振电路。晶振是 MCU 的心脏，本项目采用的晶振是 8MHz 无源晶振，通过 MCU 自带的倍频及分频功能可以将运行频率提升到 72Hz，即 F1 系列 MCU 的标准运行频率，但各外设的运行频率各有不同，详情见参考手册的时钟介绍部分。低频时钟晶振为 32.768KHz，并非最小系统范畴。④复位电路。复位电路可以外接按键，以手动复位系统，亦可不接按键，每次上电时系统即复位，或通过调试接口复位系统。复位的触发机制可以自己查，基本原理就是保证复位引脚有一定时间被置为 0。

2) 电源

发射端电路唯一外部电源输入为直流输入，该直流输入一方面为逆变提供能量，另一方面又需要保障整个系统的运行。为了保障输入电源的稳定性，采用了多种电源保护方法，在下图所示的原理图中，采用了保险丝、热敏电阻、压敏电阻、稳压管来保证电源电压、电流低于限值，电压限值为 150V，电流限值为 3A。采用了电解电容与独石电容相结合的方式保证电压稳定，因为电解电容虽然足够大，但由于其不能很好地过滤高频电压波动，所以采用独石电容互补。在直流源输出端采用两个 330K 电阻串联，是为了在系统停止工作后，泄放电容中保存的电荷。

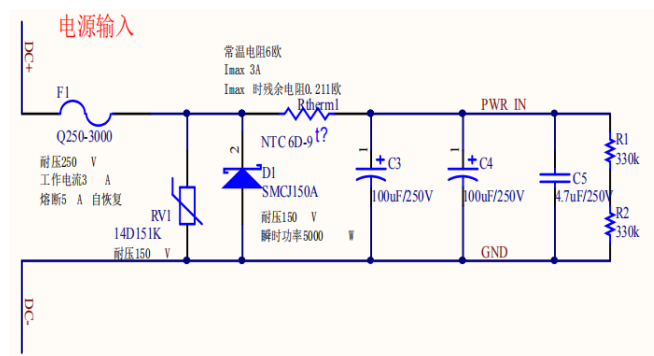


图 2.2 电源输入

12V 电源产生电路采用了某国产公司的 XD308H 芯片。之所以采用这一型号芯片，可能实在是没办法了，因为进口芯片没这么大的电压输入范围，基本最高能到 72V 就顶天了，但是这一款芯片声称电压输入范围是 18V 到 600V，可真是说出来都惊掉下巴。当然，福兮祸所依，伴随着宽电压输入范围的是差输出稳定性，通过电阻配置好输出电压后，当输入电压改变时，输出电压也会随之改变，并不能很好的稳定在期望的输出电压。

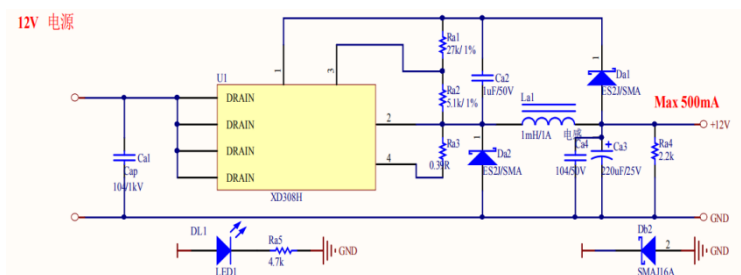


图 2.3 12V 电源

12V 电源在本项目发射端中主要用作逆变驱动和 BUCK 驱动。但是实际上，根据所使用的 MOS 管电气参数来看，栅极驱动电压越高，漏源极电阻越小，本项目使用 12V 电压进行逆变驱动，通过升压芯片作 BUCK 驱动，使用两种驱动电压其实没有太大必要。同时，12V 电源也用于后级变压，以产生 5V 电压。

5V 电源其实只是作为过渡电压级，以便后级芯片将 5V 电压降压产生 3.3V 电压。使用 MP2359 的好处在于其宽输入电压范围，类似于 XD308H，电压输入范围很大，为 4.5V~24V。而其输出也同样是电阻进行配置，这其实没有很大必要，因为我们所需的电压只是 5V 这一特定电压。3.3V 电压通过 AMS1117-3.3 产生，这款新品其实也同样有着比较宽的电压输入范围，最大输入电压为 18V，如果在初级变压阶段能够将电压较好地稳定在 12V，可以不需要 5V 这一中间变压级，可以直接使用 AMS1117-3.3 产生 3.3V 电压。所以这一设计的缺陷就在于，采用了 XD308H 这一款芯片，导致后级麻烦很大，添加了一些不必要的器件。至于 MP2359 和 AMS1117-3.3 这两款芯片的介绍，可以参见 MP2359、AMS1117-3.3。

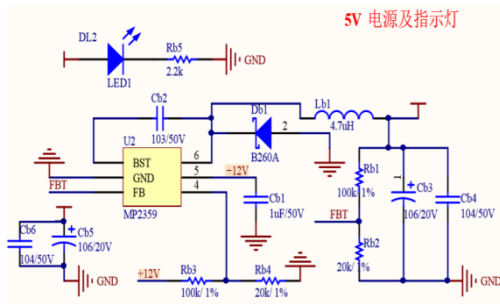


图 2.4 5V 电源

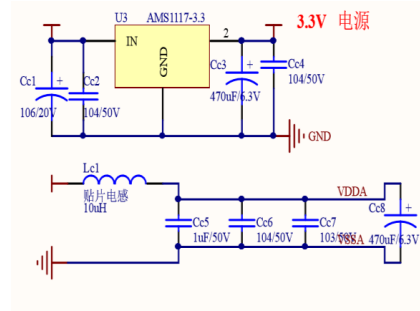


图 2.5 3.3V 电源

3) 逆变控制

关于频率合成，这是一种以数字方法控制的模拟输出方式，使用 AD9833 这一芯片，可以输出不同模拟波形，如正弦波、方波、三角波等。但是实际上，所需求的波形只是方波即可，并不需要其他波形输出，因此这一芯片的使用就是功能多余，如果可以直接利用 MCU 的互补波形输出功能，还自带死区控制，相对于本项目的逆变控制方式而言会有巨大提升。

MCU 通过 SPI 接口对 AD9833 进行控制，由 AD9833 输出 SIGNAL 单一信号，通过死区控制后进行半桥逆变控制。SIGNAL 信号先通过 UA9638D 产生两路互补信号 SIG A 和 SIG B。以 SIG A 为例，之所以能够产生死区时间，主要原因在于或门之前的串联 RC 电路。由于或门的特性，当 SIG A 信号拉高时，或门直接输出高信号，但当 SIG A 信号拉低时，由于 RC 延时的存在，或门输出并不能即时拉低，即当 SIG A 信号拉低时，或门另一输入端仍输入高信号，当此高信号电平慢慢降低直到达到一定电压水平（此电压水平由或门芯片 SN74HC32D 以及芯片供电电压决定，其确定值为供电电压的一定百分比，当供电电压为 4.5V 时，3.15V 以上即为高电平）时，或门输出低电平。继而，使用 SN74HC32D 反相器，对信号进行反相。读者可以自己根据这一过程画出时序图，由于采用了死区控制，可以保证一定时间内逆变电路驱动电压均为低，防止出现由于关断不及时导致电流过大而烧坏电路板。

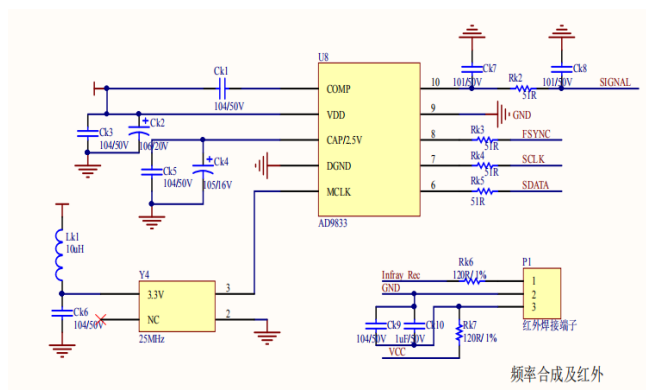


图 2.6 频率合成

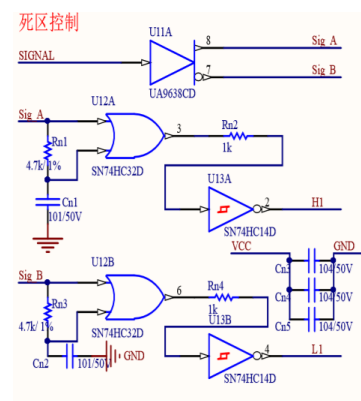


图 2.7 死区控制

关于逆变驱动，本项目采用了 IR2110S 这款芯片，这一芯片驱动能力较强，

可以同时驱动两片 MOS 管，并且其输入信号可以是 3.3V 信号，需要注意的是，有的逆变驱动芯片亦即 MOS 管驱动芯片，需要的输入信号电压级别较高如 10V。IR2110S 实际上可以直接由 MCU 驱动，因此就产生了一种新的硬件连接方式，通过 MCU 产生带死区的 PWM 互补信号，再直接驱动 IR2110S 进行逆变控制，这一控制方式相对于现有方案而言有相当大的优势。本方案中，逆变驱动电压级别为 12V，实际上，如果能够使用 15V 驱动电压，对于降低漏源极间内阻会有好处。

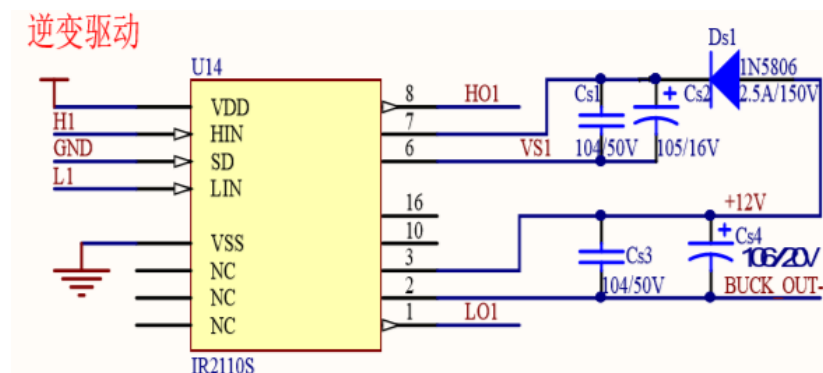


图 2.8 逆变驱动

关于半桥逆变电路，由于其自有特性，相对于全桥逆变而言，有优势亦有劣势。优势在于可以采用更少的器件来节约成本、方便设计制作和维护，劣势在于输出最高电压只有电源电压的一半，会降低发射功率。关于板桥逆变所采用的元器件，核心元器件为 IRFSL4618PBF，此芯片漏源极电压最大为 150V，对于半桥逆变电路而言，电源电压可以达到 300V，但设计电源电压是不超过 150V 的。漏源极电阻典型值为 34.5Ω ，这一电阻值并不小，最大漏极电流为 33A，相对于本项目而言完全足够。同时，对 MOS 管的参数关注还有一个重点，就是开启延迟时间、上升时间和关闭延迟时间、关闭时间，这四个参数关系到死区时间的设置。此 MOS 管上升延迟时间为 15ns，上升时间为 35ns，下降延迟时间为 25ns，下降时间为 20ns，这几个参数在英飞凌的 MOS 产品中并非最适合用作逆变控制的，但也勉强过得去，毕竟电动自行车无线充电所要求的功率级别并不高，对效率要求也没那么严格。而半桥逆变电路中的其他元器件，其功能现在将一一进行介绍。栅极串联 10Ω 电阻，是在开启状态下起到保护作用的，而其并联的二极管，是在 MOS 管关断时，由于 MOS 管与驱动芯片之间组成电流回路，并联二极管可以让电流快速通过以减小关断时间。栅极与源极之间的 20K 电阻是为了防止由于漏源极间加高电压时，由于寄生电容的影响，使得栅极电压过高而直接开启了 MOS 管，而此 20K 电阻的存在可以泄放掉栅极电荷，以免误开启 MOS 管。至于 20K 电阻所并联的稳压管，是为了在栅极电压过高时，可以通过稳压管快速放电，通过稳压管放电远快于电阻放电。逆变电路 VS1 端口分别与逆变电路电源的高电压级和低电压级之间连接了 RC 串联电路，电容的存在是半桥逆变的基本操作。而将 RC 串联，是利用了滤波原理，当漏源极间电压过大且不稳定时，即可通过 RC 串联电

路放电，以免损坏 MOS 管，也能输出较为稳定电压电流波形。

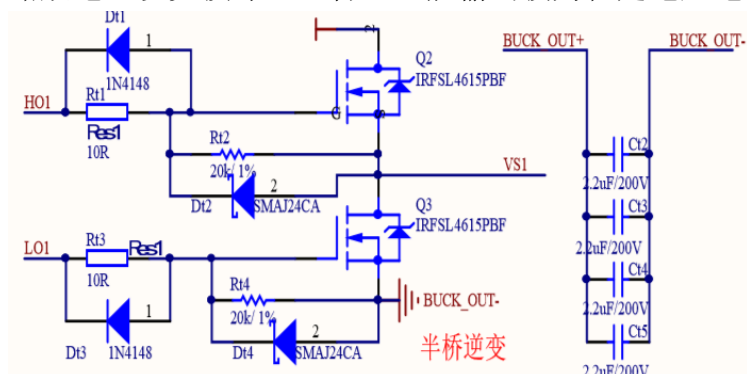


图 2.9 半桥逆变

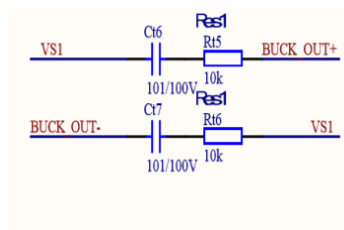


图 2.10 逆变输出

4) BUCK 斩波

BUCK 电路是发射控制的重要一环，是属于负反馈控制的控制端。发射端通过红外端子可以获取接收端充电电压电流信息，再通过 BUCK 电路调节逆变输出电压。BUCK 斩波电路是一种较为简单粗暴的电压调节方式，只需要调节 MOS 管控制端控制信号占空比，即可调节电压，比如占空比为 50%，BUCK 输出电压即为输入电压的一半。当 MOS 管开通时，续流二极管不通过电流，当 MOS 管关断时，续流二极管便接入电流通路，和电感、电容形成电流回路。关于电感和电容的选取，电感越大，输出电流稳定性越高，电容越大，输出电压纹波越小，但电感电容选取过大会导致 BUCK 响应速度变慢。BUCK 电路所采用的续流二极管对 BUCK 效率影响非常大，当电流为 10A 时，若二极管导通电压为 0.7V，则会有 7W 的功率损失，这个损失不可说不大，因此在某些情况下，采用 MOS 管代替二极管作续流，可以大大降低 BUCK 损耗。

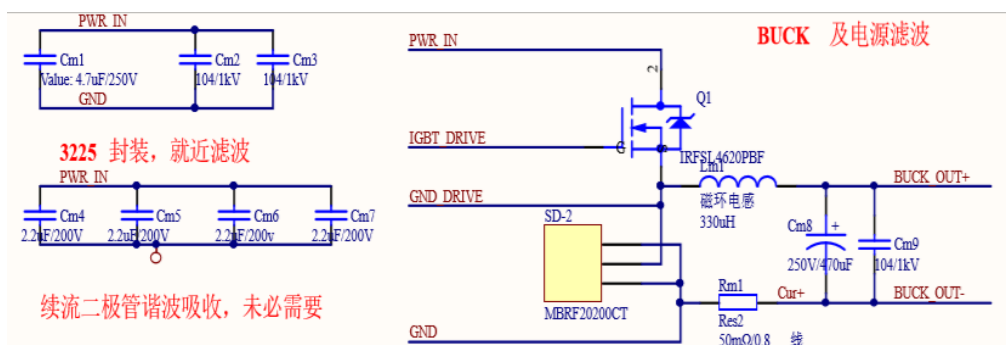


图 2.11 BUCK 斩波电路

5) AD 采样

关于电压电流采样，本方案中大量的采用了差分放大电路进行 AD 采样。本方案采用康铜电阻进行电流采样，使用此类电阻的好处在于可以在电流较大、发热量较大时更快地释放热量，但是有其他方案可以优于采用康铜电阻，因为康铜电阻的采用不利于电路板贴片，且安全性较低。由于采样电阻两端电压较小，需要采用差分放大电路对电压信号进行放大，再通过 MCU 自带的 AD 采样采集电

6) 通信

至于发射端与接收端之间的通信，本方案中是一种单向通信，也就是说发射端与接收端只有一个能够发送数据，只有一个能够接收数据。在这里，发射端是只有红外接收头没有发射头的，只能被动接收信息。接收端可以往发射端回传消息，比如电池电压、充电电流等。使用红外通信的优势在于，可以节约一定成本，但是劣势在于调试比较困难，通信要求较高，且如果要进行双向通信，复杂度将

会提升一倍。在很多无线充电场合，比较受欢迎的通信方式是 2.4g 无线通信，一般是可以进行双向通信的，对通信模块安装位置的要求较低，调试难度也能大大降低。

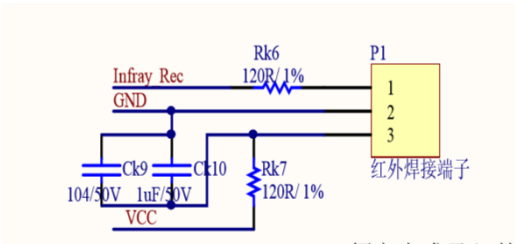


图 2.14 红外通讯

2.2 接收端硬件设计

2.2.1 概述

接收端的核心功能是将线圈接收到的高频交流电整流为直流电后给电动自行车蓄电池进行充电。接收端的控制电路原理示意图如图 2.15 所示。

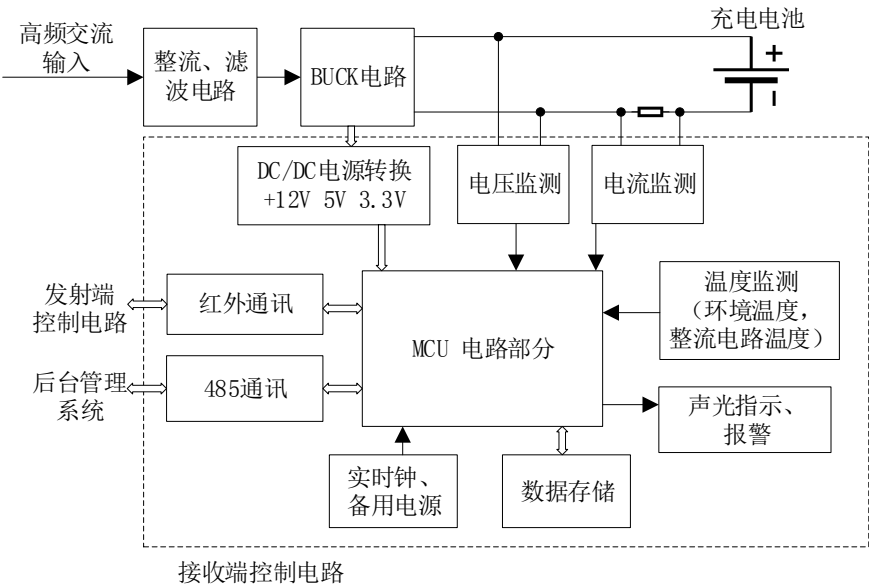


图 2.15 接收端原理示意图

2.2.2 原理图

鉴于接收端电路与发射端电路有较多相同之处，故在原理图部分重复的地方不做赘述，参阅发射端硬件设计。

1) 整流电路

接收端采用的是由四个肖特基二极管 SS5200 组成的单相桥式整流电路，辅以滤波电容以平稳高频交流电整流后的输出波形，其基本原理如图 2.16 所示。

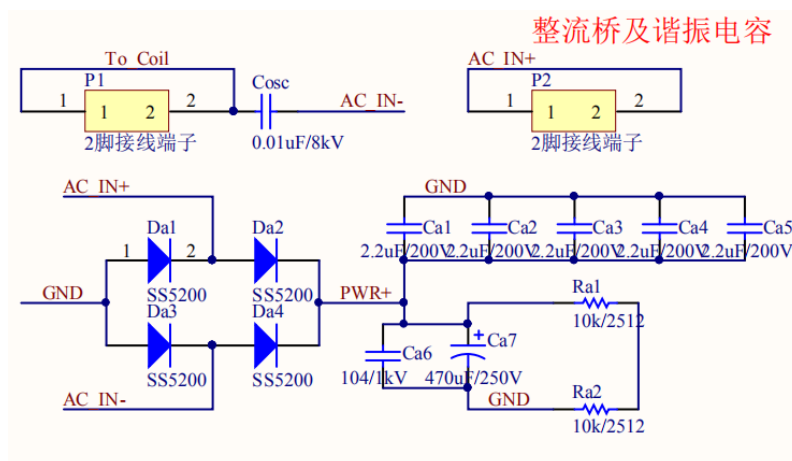


图 2.16 接收端整流电路

2) 红外发射

红外发射电路跟普通的 LED 灯电路没有区别，只不过是将 LED 灯换成了红外发射管，由 MCU 直接控制红外发射管实现红外发送，发射端的红外接收器探测红外信号实现信息传递。在本设计中只能由接收端发射红外，接收端接收红外，为单工通信，串联的电阻起到限流的作用。

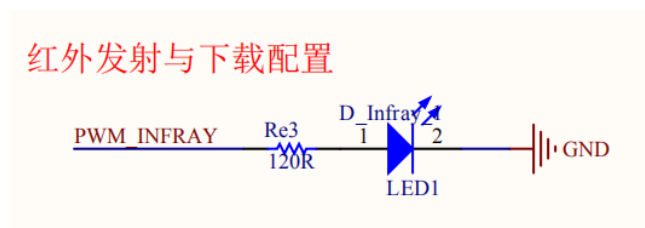


图 2.17 红外发射

三、结束语

本文档是具有无线充电的变电站巡检机器人硬件组成，是无线充电巡检机器人资料的第二册。文档不足之处恳请指正。