

电子技术课程设计

基于受控无人车的场地探测和 3D 重建系统 预习报告

张蔚桐 2015011493 自 55

陈 崑 2015011481 自 55

目录

1	选题背景及课题简介	2
2	方案比较与选择	3
2.1	主控元件的选择	3
2.2	通信机制的选择	3
2.3	供电方式的选择	4
2.4	摄像头数据传输技术的选择	6
2.5	车辆位置角度信息处理方式的选择	7
2.6	其他注意事项	8
3	基于 FPGA 的数字系统框图	8
4	传感器/执行机构接口电路图	8
5	基于 Webench 的电源电路仿真	8

1 选题背景及课题简介

根据《智能交通》和《智能家居》的课题方向，我们将选题定位为基于受控无人车的场地探测和 3D 重建系统

目前，受控无人车，即对无人车发送指令控制无人车的技术已经有了很多现实生活中的应用中，然而，这种受控无人车要求控制着能够看到无人车的运动状态，并对无人车进行控制。这样不方便无人车进一步进行无人作业。例如，在地震灾区倒塌的房间中，控制人员是无法看到无人车的具体位置。这就需要无人车对周边环境数据进行采集，方便控制人员进行进一步的控制。另外，通过加装场地检测装置，无人车或机器人可以到很多危险场合进行作业和信息的采集。例如，2011 年日本福岛核泄漏之后，东电公司曾派遣如图 1 所示的机器人到反应堆内调查事故情况。通过加装摄像头和辐射监测设备，机器人可以在人类无法承受的辐射量内进行高强度监测作业。



Fig. 1: 蝎形” (“scorpion”) 机器人行进在福岛核电站 2 号反应堆内

另外，目前 3D 检测和建模技术方兴未艾。利用无人机等设备对建筑物外表面进行 3D 检测建模的技术已经实现。计算机视觉领域内，SFM(shape from motion) 等基于单目摄像机的 3D 重建技术已经相对比较成熟，因此，周边技术的成熟为我们的设计提供了相当的基础。同时，我们也考虑采集小车的位置信息，一方面，对于控制人员来说，了解小车的行进路线（相对位置）也是一个很重要的信息点，另外一方面，根据计算机的相关知识，我们也可以知道获取准确的拍摄角度和拍摄位置可以更好的加大 3D 重建的精度，而这方面的应用和算法据我们所查阅的资料来看相对较少，可以进行进一步的创新。

因此我们将选题定位基于受控无人车的场地探测和 3D 重建系统，目标是通过控制无人车的行为，完成对场地内图像信息的采集，并在合适的情况下允许上位机进行 3D 重建，完成对场景 3D 状态的描述工作。根据时间限制和具体的完成情况，我们将整个项目分为如下几个部分进行。

1. 第一部分

- 基本的电源管理和小车运动控制

- 在上位机控制下小车完成相关运动
- 小车安装摄像头，将图像回传上位机

2. 第二部分

- 图像实时回传
- 小车完成相对位置信息的记录和回传
- 利用位置信息进行二维地图的展示工作

3. 第三部分

- 将上位机应用部署到移动平台
- 小车安装避障系统，并可以自动运行
- 三维重建, 同时利用位置信息

从上面我们可以看出整个工程量较大，受到两周的开发时间的限制可能不一定全部完成，剩余工程可以作为参加挑战杯等进一步开发项目的发展方向。

2 方案比较与选择

2.1 主控元件的选择

首先我们考虑主控元件的选择，根据我们的技术水平和课题的情况，可供选择的主控芯片为 MCU（单片机）和 FPGA。相比 FPGA，MCU 具有开发相对简单的优势，以串口通信协议为例，大部分 MCU 的系统库中均已经封装了串口通信协议，然而 FPGA 相对更接近底层，因此需要自行完成相关的通信协议的封装，这将消耗大量的时间和精力。

然而，相比于 MCU，FPGA 在速度和并行性方面有着很大的优势。根据我们查阅的资料，以 STM32F103 为例，其时钟速度可以达到 72MHz，然而由于串行执行的原因，IO 速度相对于 FPGA 较低；对比我们使用的 Xilinx FPGA，其时钟速度可以达到 100MHz，同时高度并行使得模块之间互相不干扰，保证了 IO 速度等要求。

因此，考虑到性能要求以及课程需要，我们在硬件方面采用了 FPGA 作为主控进行开发。

2.2 通信机制的选择

根据查阅的资料，可供选择的无线通信机制有如下两种

1. WiFi 信道

这种通信机制需要将 WiFi 模块植入硬件，使得小车可以联网传输信息。上位机或移动平台使用 WiFi 下载信息。这种方式的优势一方面是信息传输距离较远，在一个路由器覆盖的范围内，信息均可以被传输。另一方面可拓展性也比较强，如果设计了合理的联网方式，将进一步解除距离限制，通过将信息上传到云空间，用户可以在任何联网的地区完成信息的收取和对小车的控制。

这种通信机制的缺点是过于复杂，尤其是使用 FPGA 进行开发的情况下，网络通信协议将带来更大的开发时间消耗，不适用于本课程的短期开发。

2. 蓝牙信道

这种通信机制利用蓝牙模块，蓝牙模块已经将蓝牙信道封装成串口的形式，从很大程度上方便了开发。同时，通过对电脑，移动设备上的蓝牙模块进行开发，用户可以不依赖于第三方设备（如路由器）和小车进行通信。虽然通信速度上相比 WiFi 也有一定的损失，并且通信距离受到明显限制，但相比于 WiFi 模块而言，其功耗更小。

3. SPI 信道

后期的开发表明，蓝牙的速度并不能保证摄像头传输的实时性，因此后期考虑采用 SPI 信道替代原有的蓝牙信道，然而相比于蓝牙——串口信道，SPI 的开发不论是在上位机方面还是在 FPGA 方面均比较复杂，因此不一定可以完成

综合两种通信机制的优缺点，我们选择蓝牙信道作为通信手段。

2.3 供电方式的选择

首先通过查阅可能使用到的外设的技术手册，我们大概确定了供电需求为

- 5V@1.5A
- 3.3V@1.5
- 7.2V@40A

其中 5V@1.5A 负责向 FPGA 5V@1A 以及舵机供电，3.3V 电源负责向外设供电，例如我们采用的摄像头 OV7670 采用的供电电压为 3.3V@100mA。7.2V@40A 电源负责向电机供电，并应接受 PWM 调制来控制电机转速。

通过查阅资料我们发现，供电的难点在 7.2V40A 电源，而 5V@1.5A 电源和 3.3V@1.5A 电源均可以使用实验室提供的 TPS54160 SMT 芯片完成设计，这一部分内容将在后面基于 Webench 的仿真实现上面进行说明。7.2V40A 电源的电流限额主要受到电机供电电流要求影响，从实验室提供的数据手册我们可以发现，电机的空载电流 2.4A，最高效率电流 11A，堵转电流 52.8A，根据网上查阅的相关资料，电机的限流应当是最高效率电流的约 4 倍，因此设计 7.2V@40A 电源负责向电机供电。

这里讨论 7.2V@40A 电源的设计问题。因为需要接受 PWM 信号调制，因此我们采用了 H 桥进行设计。H 桥的电路原理图如图 2 所示。

Q1Q4 可以由处于饱和状态的三极管或开关状态的 MOS 管组成 J1 和 J2 分别接入前一级驱动电路产生的两个反相 PWM，设某时刻 J1 为高电平，则 Q3 导通，Q1 截止；由于反相，J2 为低电平，Q2 导通，Q4 截止，电流由通过 Q2，经负载，再经过 Q3 流入地。同理，当某时刻 J1 为低电平时，Q1,Q4 导通，Q2,Q3 截止，电流依次经 Q1,R1,Q4 流入地。综上，任意时刻有且只有一个对角线上的两个 MOS 管是导通的。

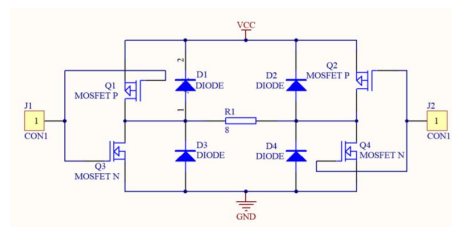


Fig. 2: H 桥的电路原理图

对于电机，我们可以设定刹车模式，即可以通过与上述方法类似的方法将电机两脚短路，使得电机迅速产生电磁制动实现刹车效果

通过搜索符合要求的元件，我们发现合理的解决方案为 bts7960/7961 芯片和自行搭建 H 桥两种方案

bts7960/7961 芯片是接受 5VPWM 信号调制的，输入电压 5.5V 至 27V@43A 的半 H 桥电路，采用 SMT 封装，输出电流符合要求。然而，由于我们电机的额定输入电压为 7.2V，经过对电机的初步调试我们可以发现电机在 7.2V 输入电压下的转速非常高，导致速度不能得到控制，经过进一步的实验我们发现，在低于数据手册上提供的 5.4V 供电的情况下，电机的转速可以保证一个理想的状态，因此可以初步得到结论即 PWM 信号的占空比不可过高。

而自行搭建 H 桥，因为工艺比较复杂，同时在网上找不到合适的大功率 MOS 管供应商，因此我们放弃了这个方案。

2.4 摄像头数据传输技术的选择

我们采用的 OV7670 摄像头, 可以输出 25fps 640*480 VGA 格式的 RGB 三色图像, 输出采用 8 线同步并行传送因此输出时钟速度可以达到 $25 * 640 * 480 \approx 8\text{MHz}$ 。收到蓝牙信道是串行接口的原因, 蓝牙信道的速度必须达到 8MB/s, 这是一般蓝牙系统很难做到的。因此不论是 FPGA 读取信息还是蓝牙传输信息的速度, 均不如摄像头采集数据的速度, 需要找到合理的解决方式。

经过我们查阅相关资料发现, OV7670 的传输方式有如下三种形式

- MCU/FPGA 直接采集:

如图 3所示, 这种方法是最简单, 最直接, 但也是最不好实现的方法, 以 MCU 为例, 多数的 CMOS 芯片 (如 ov7670) 的时钟速度可高达 24M, 一般 MCU 的 IO 端口速度根本不可能达到, 所以需要高速 MCU。这对多数用户来讲有些不现实。但也不是完全没有办法在低速上实现采集, 方法也很简单, 那就是降低 CMOS 的输出速度, 不过这需要靠外部的晶振和内部的 PLL 电路以及像素时钟速度, 帧速等多个寄存器共同设置, 并且要和 MCU 的 IO 速度匹配才可实现。但这么做将带来巨大的寄存器设置工作量并导致硬件图像的采集速度可能下降到 0.5 帧以下, 同时带来图像失真的可能。

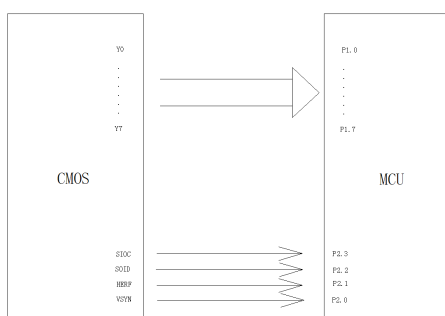


Fig. 3: MCU/FPGA 直接采集

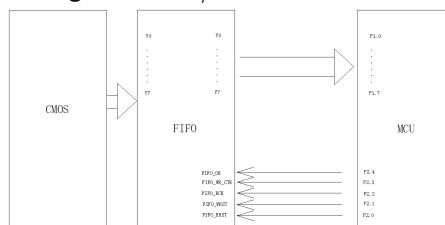


Fig. 4: FIFO 采集

- DMA 方式

这种方式主要用于 MCU 中, FPGA 中这种方式效果不明显, DMA 控制器使得数据可以绕过 CPU 直接进入内存, 但是在 FPGA 中, 同时受到串口通信速度的影响, 这种方式效果也不是很明显

- FIFO 模块采集

如图 4, 用户只需要按上述时序图控制相关的几个控制引脚即可, 可

以很方便的使用在低速 MCU 上，另外一个好处是，可以直接 IO 口读取数据，读出的数据可以直接送屏，也可以经过 MCU 简单处理；当然也可以不经过 MCU，直接送到屏等外围器件使用。对于 FPGA，以及速度相对较低的串口单元，使用 FIFO 也能很大程度的解决速度不同步的问题。

2.5 车辆位置角度信息处理方式的选择

为了进一步增强 3D 建模的精度，我们希望能够采集车辆的位置信息和角度信息。由于摄像头和车辆是相对固定的，这样也就获得了摄像头的位置信息和角度信息。

根据我们查阅到的资料，车辆的位置信息和角度信息有几种不同的获取方式，如下所示。

- 惯性测量单元（IMU）模块

通过加速度计和陀螺仪的信息，可以直接读取车辆的加速度和角度。经过积分之后可以得到车辆的速度信息和角度信息，这种方法最简单，但是误差最大，加速度计易受到颠簸，碰撞，刹车等造成的脉冲影响，并进一步影响积分的准确性。角速度计（陀螺仪）具有一般性的零点迁移问题，这包括动态的零点波动和静态的温漂。经过积分会导致角度信息相当不准确。这种方法只能作为一种简单的参考，实用时必须加以处理。

- 磁场计

通过对地磁角度的测定，可以直接获取车辆的角度，并通过加速度计等方式获得车辆的速度，这种方式误差相对前一种较小，但是受外界磁场的影响比较严重，尤其是当存在 10A 绕组的电机驱动时，这种方法可以认为无效。

- 码盘

这种方法通过测量车辆四轮的转速经过解算得到车辆的具体位置，相比于之前几种方式，这种方式依赖于更加准确的光电传感器，因此得到的值也相对比较准确，这种方法的难点在于必须对车辆的刚性模型进行建模，同时安装码盘也是一个硬件上的难点。

综合提到的几种方法，我们计划采取 IMU+ 信号处理 + 码盘解算几种方式得到车辆的具体位置，希望通过反馈等方式希望得到更准确的车辆控制。

2.6 其他注意事项

通过查阅给定的技术手册我们发现 FPGA 输入电流 1A，标准的输出电压为 3.3V，而不论是电机驱动的 PWM 还是舵机驱动的 PWM 均为 5V，这中间需要设计适当的接口电路，同时，由于工程量比较大，担心 FPGA 会出现总线电流过大或无法驱动相关接口电路的情况，因此我们采用了 74HC244 芯片作为接口的辅助电路，74HC244 是一款高速 CMOS 驱动芯片，通过 HC244 我们可以顺利的将 3.3V 输出转化为 5V，并提升驱动能力

通过对摄像头模块 OV7670 的数据手册的学习，我们了解到 OV7670 初始化采用的是 SCCB 通信协议，SCCB (Serial Camera Control Bus) 是和 I2C 相同的一个协议。SIO_C 和 SIO_D 分别为 SCCB 总线的时钟线和数据线，为了方面对多个设备进行控制，OV 的 SCCB 两个端口采用的均是 OC 门输出，需要上拉 4.7k 电阻实现输出高低电平，这些需要在设计 PCB 的时候尽可能的考虑到并保证接线的稳定性和摄像头位置的稳定性。

在设计对车辆相对位置进行测量的过程中，考虑到 FOGA 在解算浮点数方面比较难以开发，我们选用了 NI myRIO 进行解算和控制，并采用 myRIO 自带的 WiFi 进行相关数据的回传。

NI myRIO 是 NI 针对教学和学生创新应用而最新推出的嵌入式系统开发平台。NI myRIO 内嵌 Xilinx Zynq 芯片，使学生可以利用双核 ARM Cortex-A9 的实时性能以及 Xilinx FPGA 可定制化 I/O，学习从简单嵌入式系统开发到具有一定复杂度的系统设计，采用 LabView 语言进行可视化编程。通过 myRIO 可以大幅简化控制算法如 PID 的调试过程，显著降低开发难度，加速开发进度。

3 基于 FPGA 的数字系统框图

4 传感器/执行机构接口电路图

5 基于 Webench 的电源电路仿真