

第十九届全国大学生智能汽车竞赛

室外无人驾驶自行车挑战赛

技 术 手 册

学 校：武汉纺织大学

队伍名称：自行车队

参赛队员：叶盛廷 袁宏宇 冯睿杰 陈绍鹏 魏

臣阳

带队教师：刘丰

关于技术手册使用授权的说明

本人完全了解全国大学生智能汽车竞赛关于保留、使用技术手册和研究论文的规定，即：参赛技术手册内容著作权归参赛者本人，比赛组委会和赞助公司可以在相关主页上收录并公开参赛作品的设计方案、技术手册、源码以及参赛模型车的视频、图像资料，并将相关内容编纂收录在组委会出版论文集中。

参赛队员签名：叶盛廷 袁宏宇 冯瑞杰 魏阳 罗斌

带队教师签名：李书

日期：2024. 11. 15

第1章 实验一 视觉处理平台

视觉处理平台的主要任务是为小车提供精准的车道检测与跟踪能力。该平台架构涵盖了从图像采集到车道线检测、追踪，再到控制输出的一整套系统，通过硬件加速实现高效能和稳定的实时处理。

视觉处理需要完成的任务主要包括车道检测、目标识别和距离估计等。目前，计算机视觉领域的处理方法主要分为传统视觉和基于神经网络及深度学习的视觉技术。其中，基于深度学习和神经网络的视觉平台以其强大的鲁棒性和准确性在现代自动驾驶领域中脱颖而出，许多厂商纷纷采用这些算法以适应多变的环境。

本竞赛由于其室外特性，需应对光照强度变化、车道线磨损和阴影遮挡等问题，因此采用基于神经网络和深度学习的方法显得尤为合适。

1.1 硬件架构设计

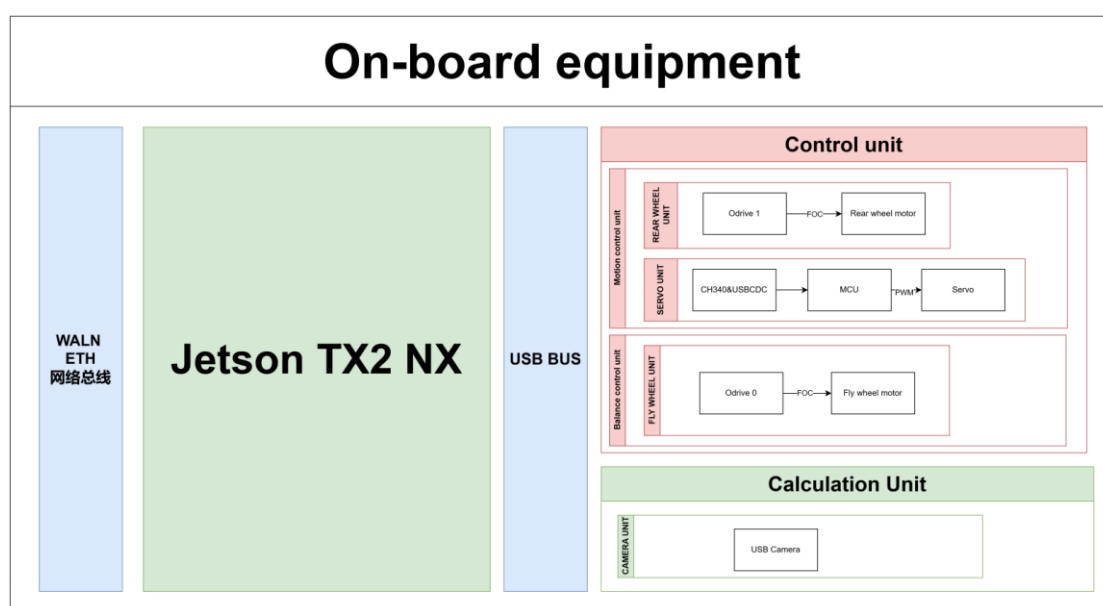


Figure 1 硬件架构设计

车载设备上我们选用 Jetson TX2 NX 作为主控单元，主要负责视觉平台的计算和控制单元的运算。摄像头要求不高，具有基础的 RGB 输入和 30FPS 帧率即可。

操作系统为 Ubuntu 18.04 支持 ROS 和 OpenCV

深度学习框架：Pytorch 和 TensorFlow 用于训练和部署 YOLO 网络

优化工具：基于 Nvidia 的 CUDA 核心调用 TensorRT 对 YOLO 网络进行加速，提升处理效率和实时性。

1.2 算法架构设计

算法架构流程,对图像进行预处理,使其符合 YOLO 网络的输入,输入 YOLO 网络后 Skeleton 化算法提取车道轮廓,以进一步细化车道主方向,接着对骨架点进行拟合,最终计算拟合曲线和目标行驶线的水平偏差的代数平均数作为舵机的输入。

1.3 实验结果分析

1.3.1 YOLO 网络训练结果

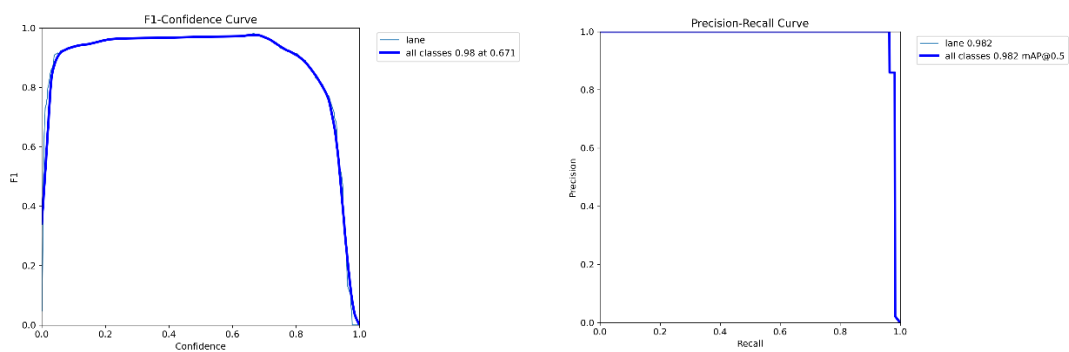


Figure 2 F1-confidence

Figure 3 PR 测试结果

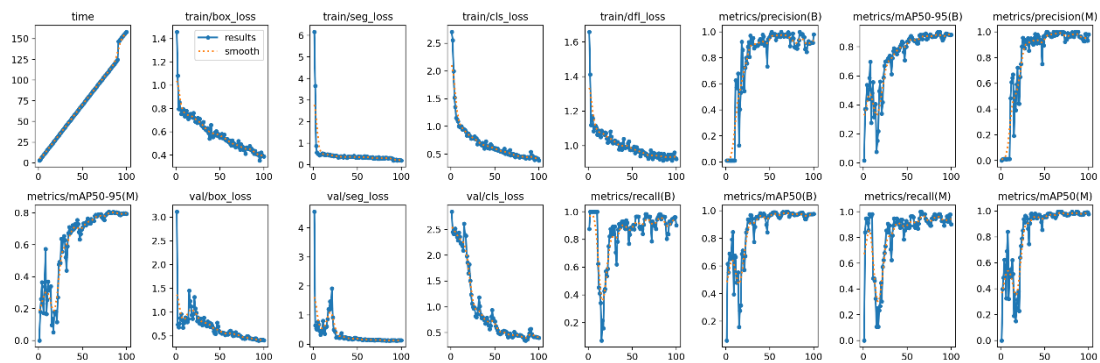


Figure 4 测试结果

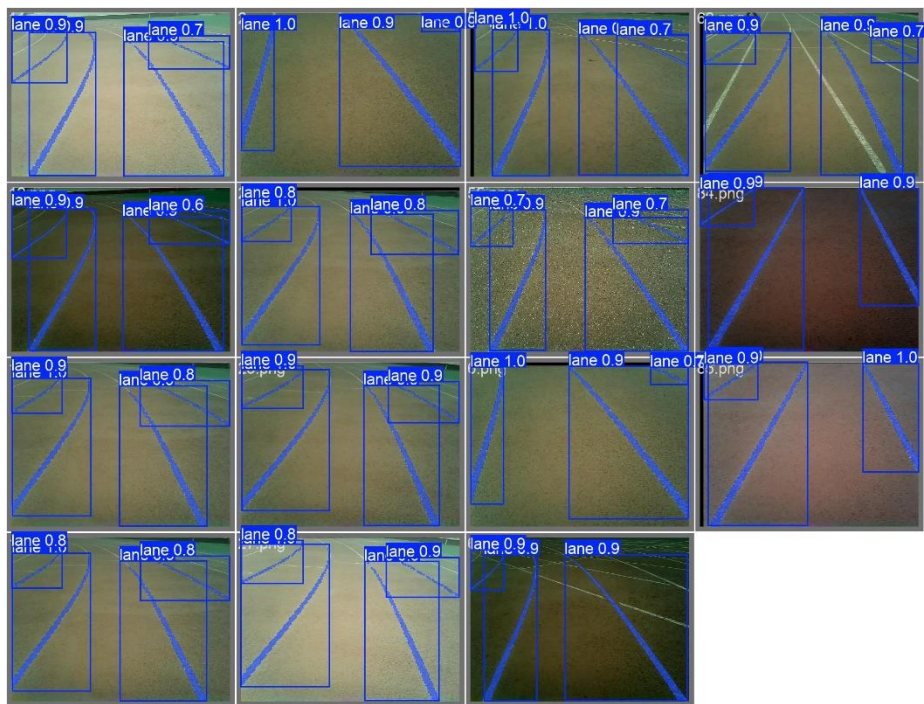


Figure 5 测试集验证

1.3.2 算法帧率及稳定性分析

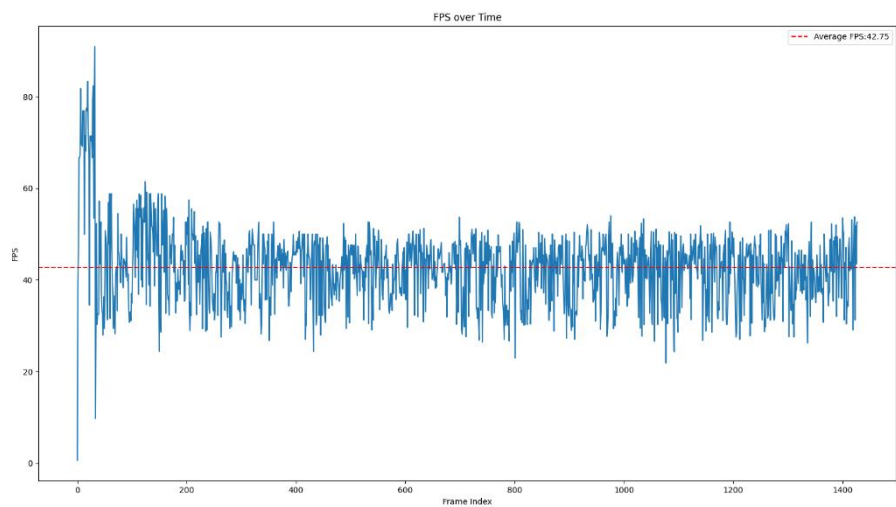


Figure 6 帧率分析

经过分析帧率的算数平均数再 42.75 附近,并且没有出现过大的波动和空缺,该测试结果完全可以实现自动驾驶

第2章 控制平台设计

2.1 运动学分析

常见的分析理论有牛顿力学、Lagrange 力学、哈密顿力学以及变分原理与最小作用原理，这里由于平衡自行车是一个经典的二阶非线性系统，用传统的牛顿力学分析较为复杂，因此这里采用 Lagrange 力学分析，计算的复杂性。

2.1.1 Lagrange Equation

$$\mathcal{L}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, t)$$

2.1.2 模型建立

首先计算自动车系统的动能

$$T = T_1 + T_2 = \frac{1}{2}(\dot{\alpha}^2(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) + J_1 \dot{\alpha}^2 + J_2(\dot{\alpha} + \dot{\beta})^2)$$

势能计算：

$$V = V_1 + V_2 = g \cos \alpha (m_1 l_1 + m_2 l_2)$$

Lagrange 函数：

$$L = T - V = \frac{1}{2}\dot{\alpha}^2(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) + \frac{1}{2}(J_1 \dot{\alpha}^2 + J_2(\dot{\alpha} + \dot{\beta})^2) - g \cos \alpha (m_1 l_1 + m_2 l_2)$$

模型求解：

$$\begin{cases} \ddot{\alpha}(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) + J_1 \ddot{\alpha} + J_2(\ddot{\alpha} + \ddot{\beta}) - g \sin \alpha (m_1 + m_2) = 0 \\ J_2(\ddot{\alpha} + \ddot{\beta}) = M \end{cases}$$

2.2 控制算法架构

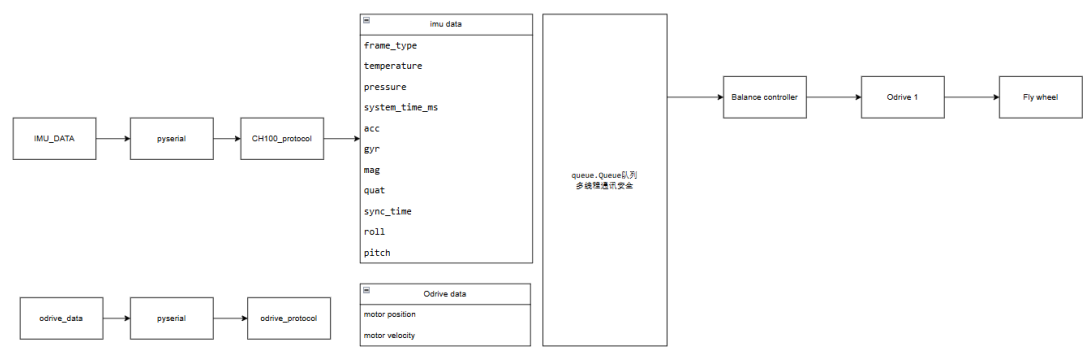


Figure 7 平衡控制算法架构

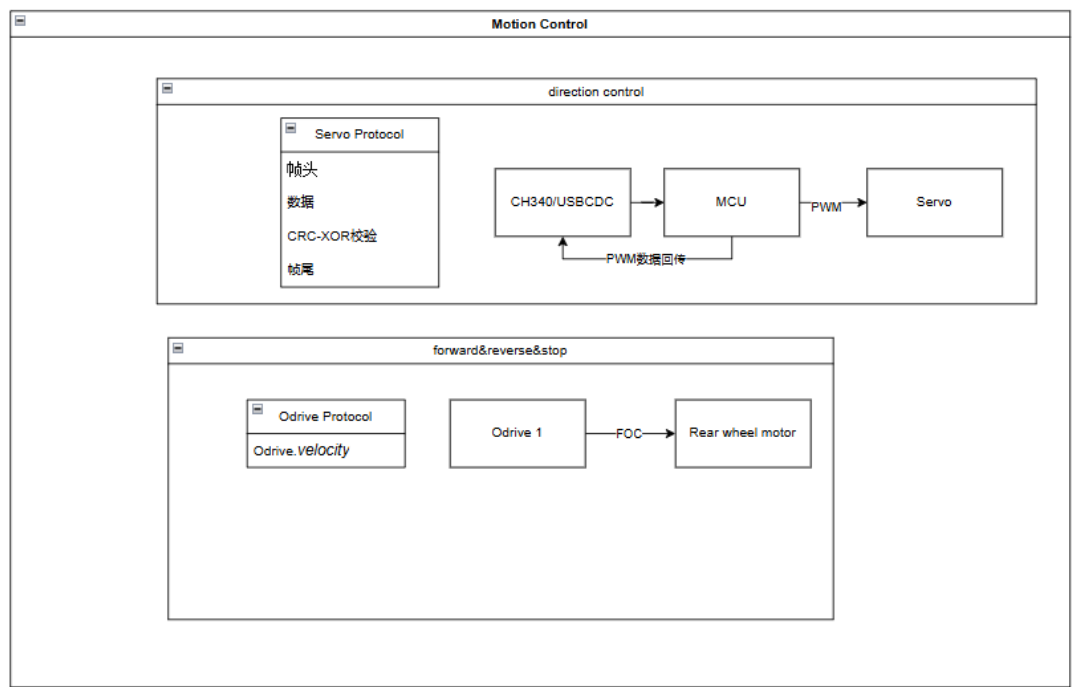


Figure 8 运动控制算法架构

第3章 电源设计

由于需要给舵机以及 Jetson 等设备供电，需要设计一款可以复用的电压可调的大功率 DC 模块，因此选用德州仪器的 LM5146。

3.1 原理图设计

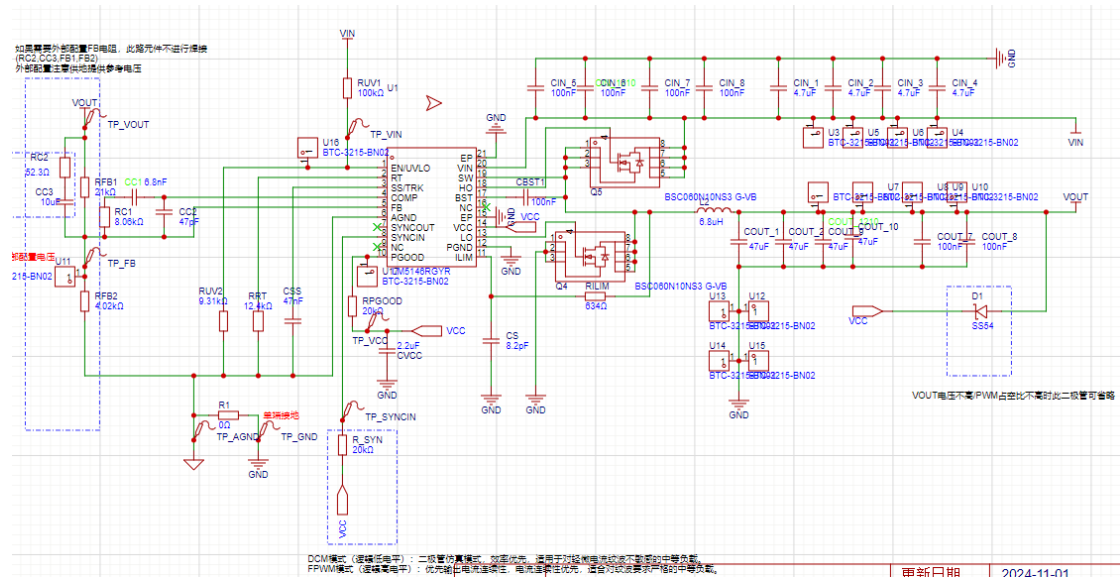


Figure 9 原理图设计

参考了德州仪器的官方设计文档，并且根据项目需求设定电源接口，参考电压以及开关频率。

3.2 PCB Layout 设计

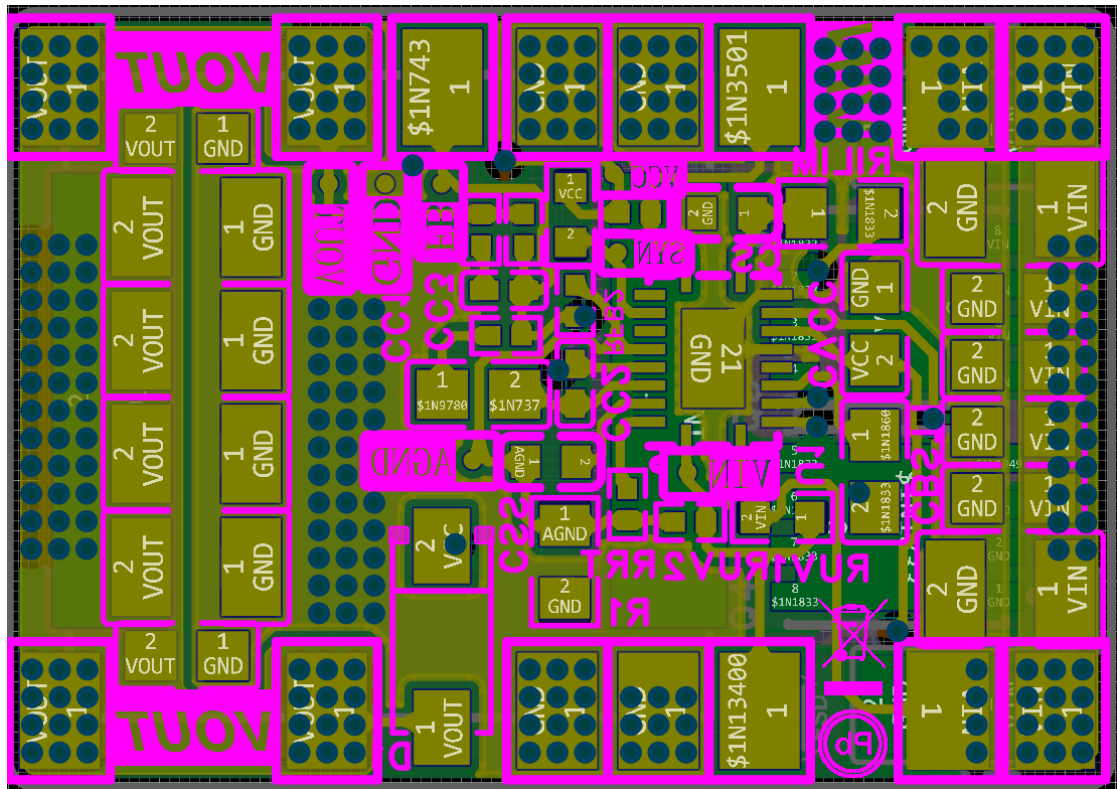


Figure 10 PCB 底层设计

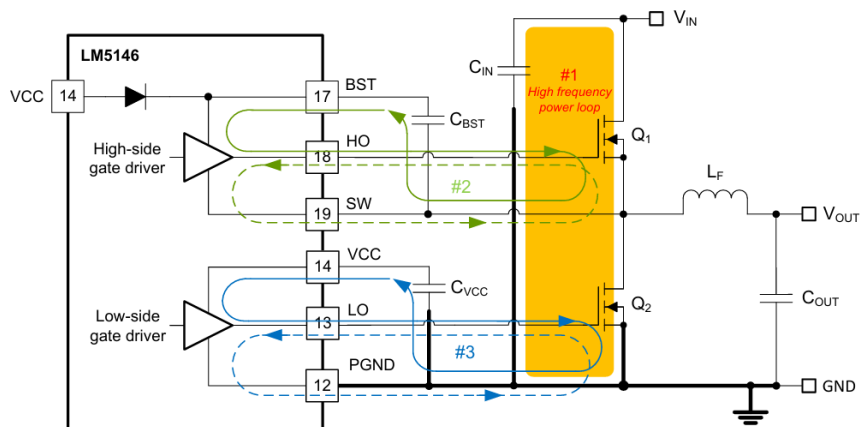


Figure 11-1. DC/DC Regulator Ground System With Power Stage and Gate Drive Circuit Switching Loops

Figure 11 回流路径设计

结合官方设计文档，要求 SW 引脚的回流路径越小越好，得益于四层设计，回流路径非常小



Figure 12 回流路径

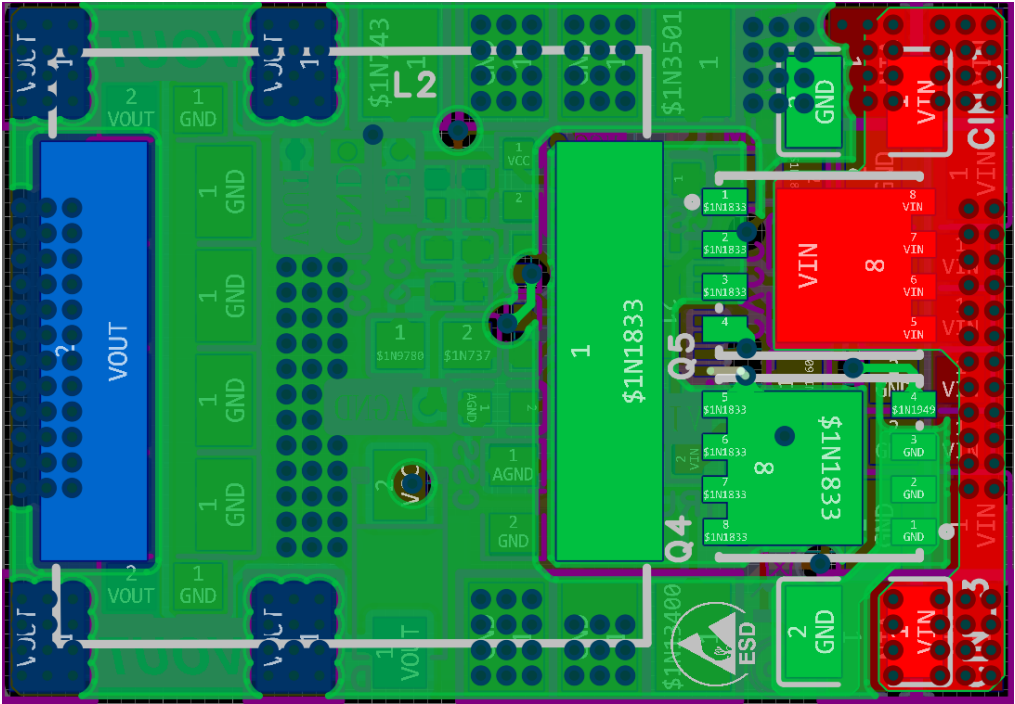


Figure 13 电源分布

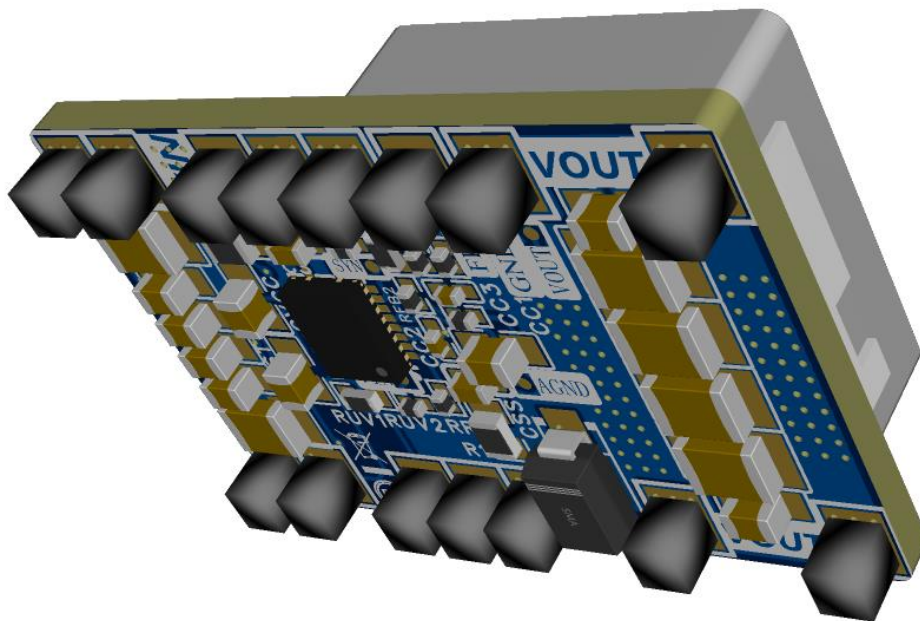


Figure 14 3D 仿真

顶层	铜箔层	外层铜厚1oz	0.035	0	0
介电1	基板	7628 RC49% 8.6mil	0.2104	0	0
GND	铜箔层	内层铜厚	0.0152	0	0
介电2	基板	1.1mm H/HOZ 含铜	1.065	0	0
PWR1	铜箔层	内层铜厚	0.0152	0	0
介电3	基板	7628 RC49% 8.6mil	0.2104	0	0
底层	铜箔层	外层铜厚1oz	0.035	0	0

Figure 15 层堆叠设计