关于实现Delta结构中等精度低成本3D打印机的项目简介

概述

本项目目的在于构建一台有高度可复制性可定制性的3D打印机，3D打印机结构为Delta结构，在小部件打印上拥有优于同成本笛卡尔结构、SCARA结构和Core/H-Bot结构的打印精度，同时在大型部件打印上有着较快的打印速度。

> **设计目标**
>
> - 打印技术：堆积熔融 Fused Deposition Modeling（FDM）
> - 物理结构：Delta
> - 控制器：应用于RAMPS 1.4平台的Arduino Mega2560
> - 控制固件：Marlin固件
> - 运动方式：打印件固定，α/β/γ三轴运动
> - 速度：α/β/γ 单轴320mm/s
> - 最低分辨率：α/β/γ 单轴50步/mm
> - 最大分辨率：α/β/γ 单轴300步/mm
> - 精度：优于0.3mm（300μm）
> - 挤出头孔径：0.4mm (可替换)
> - 打印层厚：0.05mm-4mm
> - 可打印体积：圆柱体，直径170mm，高度240mm
> - 框架体积：三棱柱，边长300mm，高度600mm
> - 打印表面：可加热直径170mm圆形玻璃，不可移动
> - 挤出机结构：远端挤出
> - 末端执行器质量：小于50克
> - 硬件成本：低于1000￥ *[RMB]*
> - 自动水平校准（自动调平）

项目分析

> **算法**

本项目所使用的Delta结构是一种rostock结构变体，这是一种通过3个空间平行并联臂进行运动的结构。
通过将笛卡尔(正交)坐标系运动参数转换为并联臂高度参数，对末端执行器进行移动，达到打印3D物品的目的。
项目难点在于将工业上常用的 GCode 的笛卡尔坐标运动参数值转换为Delta运动参数。

在这里，我尝试使用了以下算法对坐标进行转换：
直接使用直线插值来减少运算量 😉

```
delta[X_AXIS] = sqrt(delta_diagonal_rod_2
                - sq(delta_tower1_x-cartesian[X_AXIS])
                - sq(delta_tower1_y-cartesian[Y_AXIS]))
                + cartesian[Z_AXIS];
```

框架

本项目使用欧标铝型材作为整体框架的构建材料，对材料方面较为宽容，且整体结构强度高，拆卸简易快捷，可便携化使用。
同时，顶角连接件采用3D打印件，大大增加了磨损部件的可更换性。

CAD设计及模型切片

本项目采用 *OpenSCAD* 作为核心计算机辅助设计工具， *OpenSCAD* 是一个 “非主流” 的CAD软件。
通过代码生成模型的形式，大大提高了程序员的操作性，不必费心费力去学习各种云里雾里的CAD软件。
同时， *OpenSCAD* 是一个开源软件，可以根据自身需要修改编译，基于GPL v3许可证。

通过简单高效的 *OpenSCAD* 脚本去绘制3D模型：

本项目使用 *Slic3r* 进行模型切片，即将3D模型文件 .stl 转换为3D打印机固件可以识别的 .gcode 文件。
Slic3r 的软件可定制性非常高，可根据需要及算法需求生成必要的支撑结构，打印件打印完毕后通过后期减材加工的方式去除。虽然每个版本都有一定的Bug，但不影响使用。
同时， *Slic3r* 是reprap项目的开源软件，根据AGPLv3许可证授权。

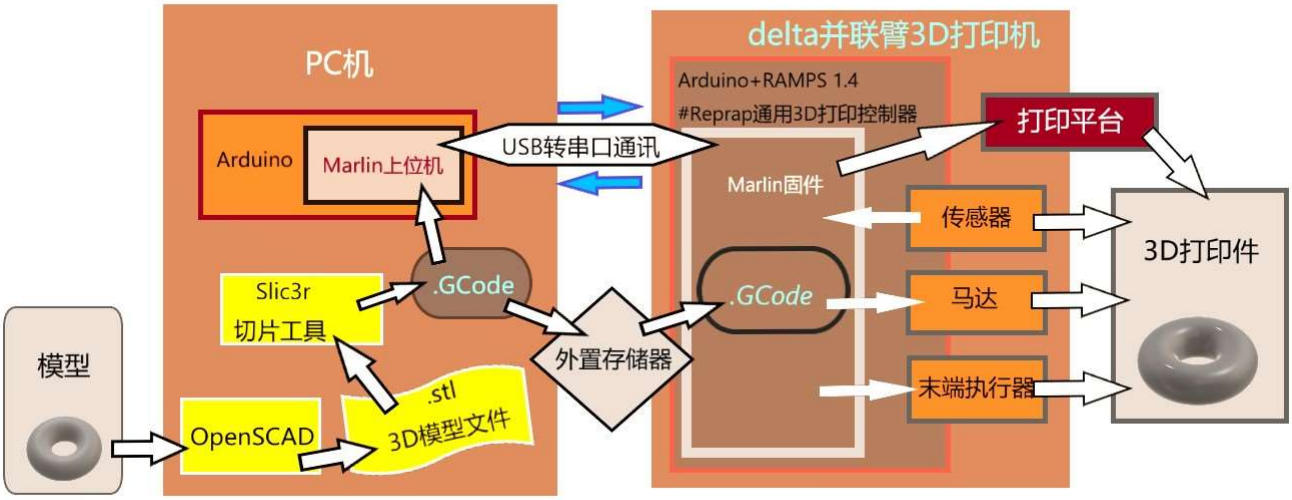
末端执行器

整个末端执行器采用散热性能更高的 *H散热鳍片* 结构，更好的降低打印时拉丝的可能性。
末端执行器整体结构使用改进型的 E3D V6 挤出头结构，在原有E3D v6挤出头的基础上增加了一组光电传感器，在断丝时提供自动暂停打印的功能。
同时，挤出机将使用远端挤出的方式，大大降低了末端执行器的重量，使得整体打印精度提升。

挤出机

本项目使用创新改进型Titan挤出机结构，在原本Titan挤出机结构的基础上通过增加一组从动轮以提高打印机送丝稳定型，降低打印机断丝的几率。

工作流程图



应用方向

FDM工艺下，个人组装设计的3D打印机在实际应用中可以作为中低精度需求模型及快速工件打印，特别是Delta结构下，较小的打印件会有较高的打印精度，同时得益于远端挤出机，3D打印机在隔空层打印时拉丝现象会有较大改善。

总结

目前状况下，3D打印技术更倾向于金属烧结成型、光致成型树脂、生物材料等方向，但是，作为最基础的堆积熔融3D打印技术在技术探索及学习实践方面有着其他技术无可比拟的优势，在不同机械构型及打印技术方面也有一定的前瞻性。3D打印机在嵌入式技术中有着重要的意义，可以为学生提供一个综合性、有拓展空间的平台。

这个项目的实现进展及技术工艺内容，
我将会以 GPL3.0 的协议开源在 Github 上。

```
    Edit by Visual Studio Code
        Syntax with Markdown
```