

## 第3章 3D打印机的电子系统

3D打印机是一种数控设备,其电子系统负责接收、处理指令,指挥打印机各部分依指令自动进行加工。本“3D打印机”项目的电子控制系统,借鉴了开源的 RepRap,固件采用了开源软件 Marlin,打印机控制软件为开源的 Printron。

### 3.1 电子系统的组成

3D打印机的电子控制系统示意如图 3-1 所示,大概可分为八部分。

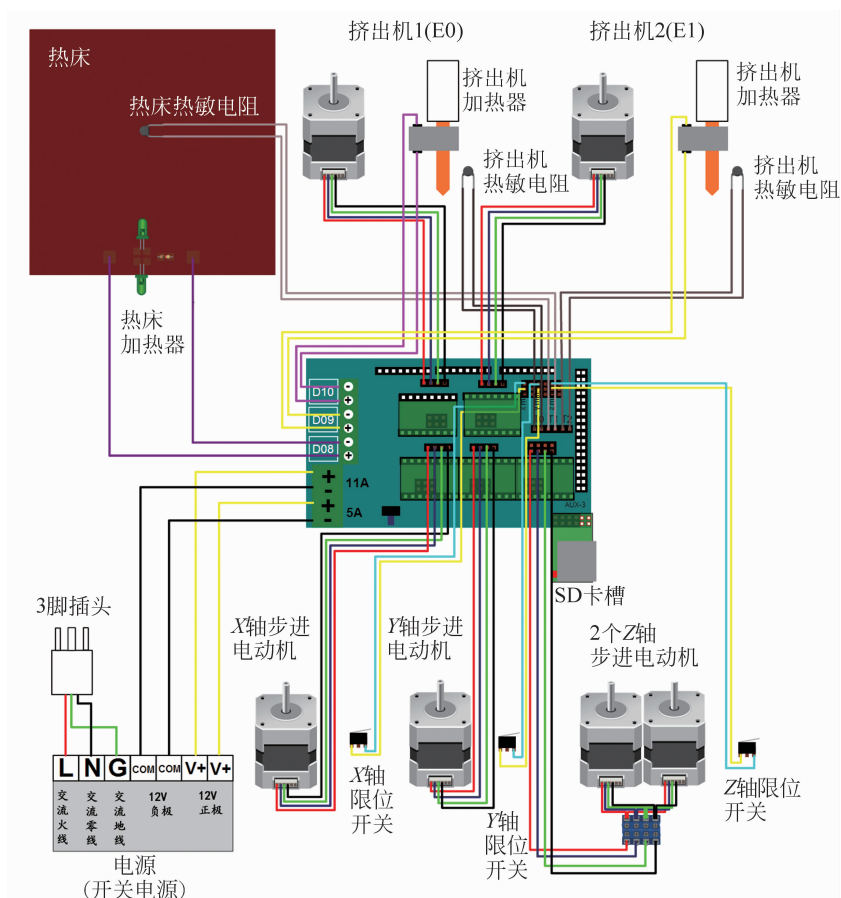


图 3-1 3D打印机的电子系统



## 1. 控制器

控制器 (controller) 是 3D 打印机的大脑, 很多自制打印机都使用风靡世界的 Arduino 微型控制器。Arduino 有很多版本 (它们的基本功能是相同的), 本项目使用 Arduino Mega 2560, 如图 3-2 所示。

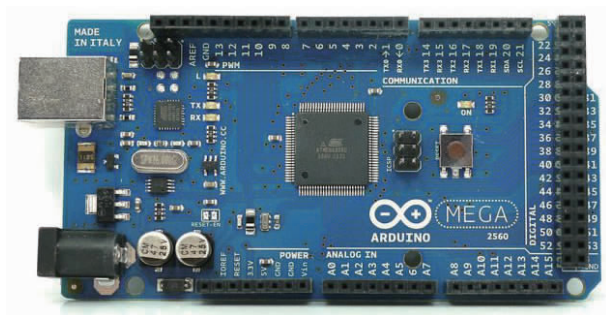


图 3-2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 基于 ATmega 2560, 有 54 个数字输入/输出口 (其中 15 个口可用于 PWM 输出)、16 个模拟输入、4 个硬件串口、1 个 16MHz 的晶振、1 个 USB 口、1 个电源插座、1 个 ICSP 头及 1 个重启按钮。

Arduino Mega 2560 还要配以 3D 打印扩展板才能连接其他设备, 3D 打印机采用开源的扩展板 RAMPS 1.4, 如图 3-3 所示。RAMPS 与 Arduino Mega 2560 堆叠接在一起, 如图 3-4 所示。

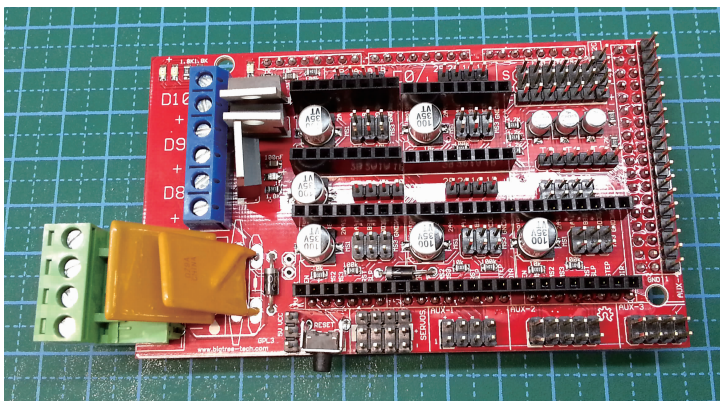


图 3-3 RAMPS 1.4 扩展板

## 2. 步进电动机

图 3-5 所示, 自左向右依次是直流电动机 (DC motor)、舵机 (servo) 和步进电动机 (stepper motor)。

直流电动机加上直流电压后, 持续转动, 电压的波动对转速影响很大。一般来说, 直流电动机用在需持续转动、要较大扭矩, 但对转速和转动圈数要求不是特别精确的场合。直流电动机加上编码器后, 也可以精确控制转速和转动圈数。



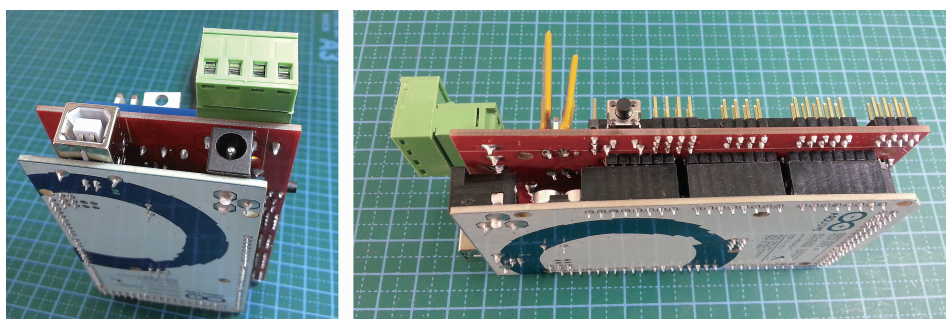


图 3-4 Arduino Mega 2560 与 RAMPS

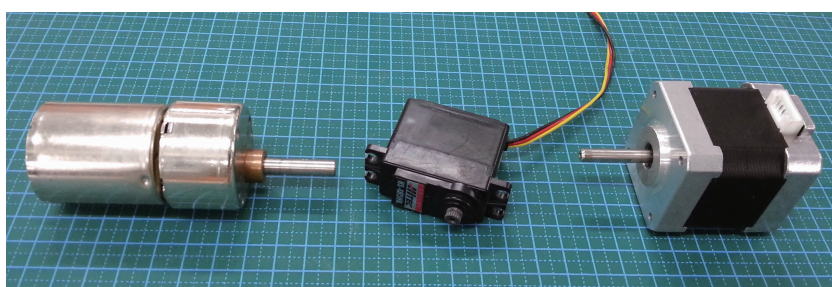


图 3-5 常见的电动机

舵机的控制信号一般是一个周期为 20ms 左右的时基脉冲，脉冲高电平部分的宽度控制着舵机转动的角度。其控制原理为：控制信号输入控制电路板（在舵机内部），电动机转动，舵机的输出轴转动时带动位置反馈电位计，控制电路板根据反馈信号判断是否达到目标位置，并根据需要控制电动机的转动方向和速度。舵机一般用在需要精确控制位置（如转动一定角度）且保持的场合，多用于人形机器人的关节或是航模上。舵机转动角度范围一般为  $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 。

步进电动机的内部结构如图 3-6 所示。步进电动机的驱动电源不是持续的，而是一个一个的脉冲。步进电动机受到一个电源脉冲作用，就会转动一个固定的角度（步距角）。这些电源脉冲由步进电动机驱动器（driver）提供。因为每个电源脉冲使步进电动机转动确定的角度，意味着它可以带动物体移动确定的距离，步进电动机常用于需要便于重复定

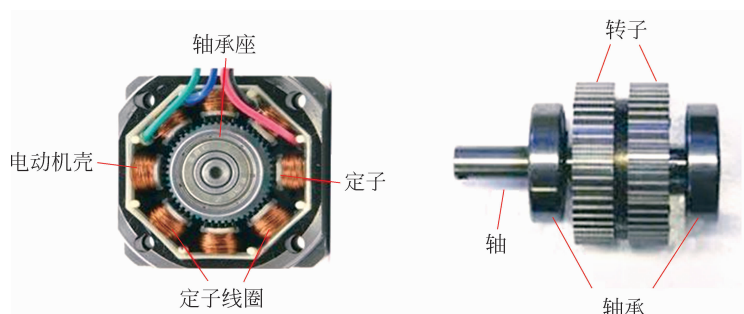


图 3-6 步进电动机的内部结构



位的设备中。与直流电动机和舵机相比,步进电动机不能提供很大的扭矩。

步距角是步进电动机的一个重要参数。一个完整圆是  $360^\circ$ ,除以步距角即得到转动一圈的步数。比如,全步  $1.8^\circ$ 是常用的步距角,则步进电动机转动一圈需 200 步。实际应用中,常用微步控制(也叫细分)来增加步进电动机的步数。一般来说,微步控制可以让步进电动机转动更平滑、更精确。

步进电动机分为永磁式、反应式和混合式。步进电动机有一个参数“相”,即产生不同 N、S 对极磁场的励磁线圈对数。如图 3-7 所示,该步进电动机有 A1A2、B1B2、C1C2 共 3 对线圈,因此是三相的。每相有两根引线,分别为 A1 和 A2、B1 和 B2、C1 和 C2。3D 打印机常用混合式两相步进电动机。两相步进电动机又有 4 线和 6 线接法,如图 3-8 所示。作者使用的混合式两相步进电动机预留了 6 线接头,但只引出了 4 根接线,如图 3-9 所示。

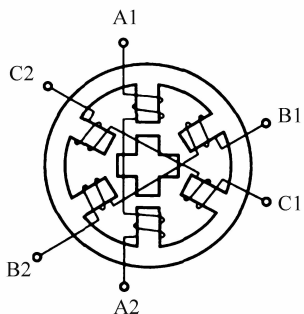


图 3-7 三相反应式步进电动机的结构简图

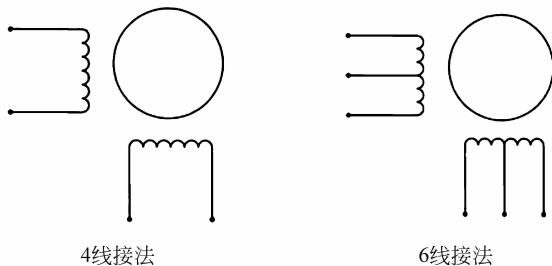


图 3-8 两相步进电动机的 4 线和 6 线接法

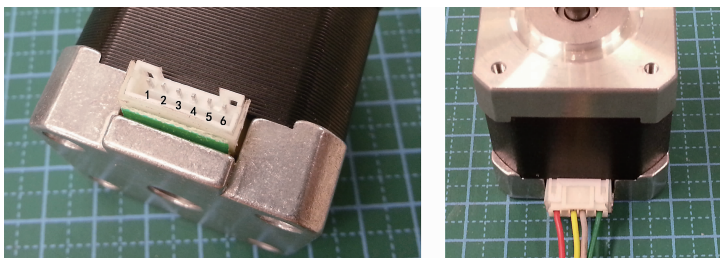


图 3-9 步进电动机的引线

### 3. 步进电动机驱动器

步进电动机不能直接接在直流电源或交流电源上,需在控制器和步进电动机之间有一个称为“步进电动机驱动器”的芯片,如图 3-10 所示,用于产生驱动步进电动机的脉冲信号。

图 3-11 所示,RAMPS 1.4 有 5 个步进电动机驱动器安装位置,标记为 X、Y、Z、E0 和 E1,分别用于安装 X 轴、Y 轴、Z 轴和两个挤出机的步进电动机驱动器。

每个步进电动机驱动器位置,都有 3 组 2P 的插针,如图 3-12 所示,3 组分别标记为 MS1、MS2 和 MS3。表 3-1 是通过跳帽来设置步进电动机细分的方法。本项目中,驱动器采用 1/16 步细分,也就是把 3 个跳帽都插上,跳帽如图 3-13 所示。

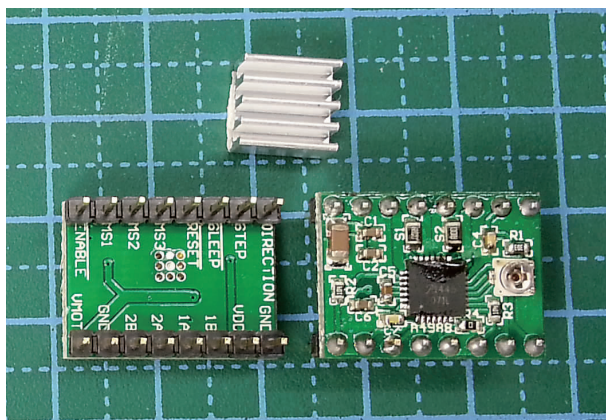


图 3-10 步进电动机驱动器及散热片

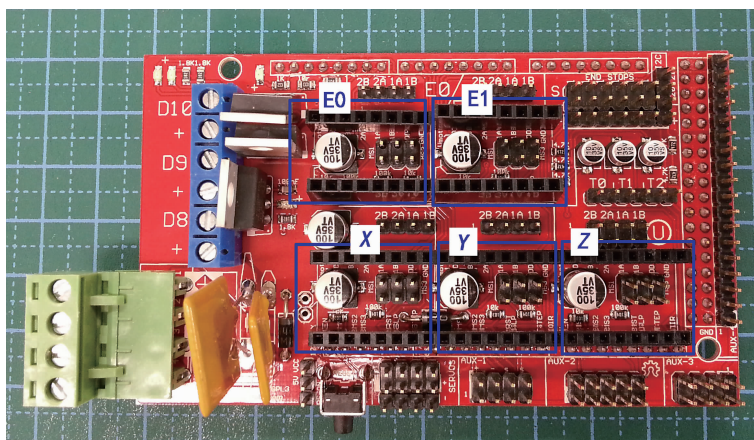


图 3-11 RAMPS 1.4 的步进电动机驱动器位置

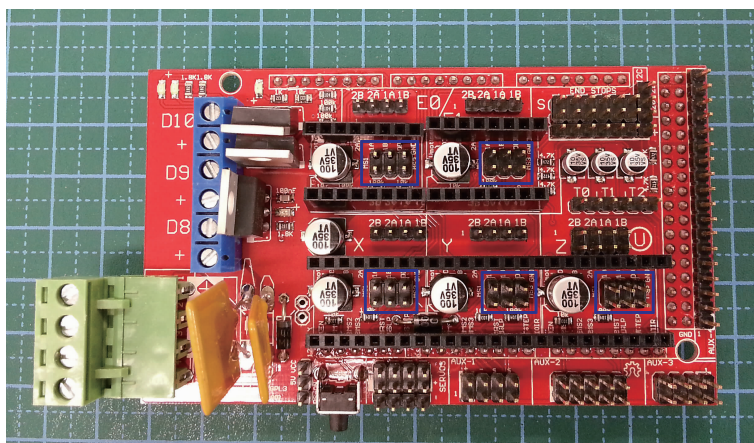


图 3-12 步进电动机细分跳帽位置