

# 写字机器人的设计与实现

专业：物联网工程 年级:2015 级 学生：杨兴 指导教师：林虹

## 摘 要

机器人技术领域的研究一直以来都十分热门，最近几年机器人开始被广泛应用于各种各样的产业，并且机器人技术的研究和扩展的进度也越来越迅速。机器人的智能化技术开始走进人们的日常生活中，让机器人替代人们完成一些文字书写、绘画等任务，具有一定的实际应用意义。因此，选择了写字机器人的设计与实现。

系统包含上下位机两个部分。上位机包含了 PC 控制端和手机 APP 端；下位机包含了 Arduino UNO、A4988 电机驱动模块、HC-06 蓝牙模块、步进电机、金属小舵机以及 CoreXY 结构机械臂等组成。系统选择两个自由度，采用 Arduino UNO 作为控制器，在 PC 控制端上将图片转换成坐标形式的 G 代码,再通过串口把文件发送给下位机,下位机编程实现像素扫描算法、直线插补算法和圆弧形插补算法,输出 PWM 脉冲和电平控制步进电机和舵机前进或者后退来完成写字。步进电机由 A4988 电机驱动设备来驱动，每发来一个 PWM 脉冲就前进或者后退一步，实现了对距离的精确控制。课题还设计了一个手机端 APP，手机端连接好蓝牙后，在手机 APP 的文件导入界面导入转换好的 G 代码文件，再设置好写字起点后即可开始写字。上位机手机端 APP 是以 Android Studio 开发软件进行开发的，手机端 APP 的功能模块以及 UI 界面设计是采用 Java 语言来编程实现的。

经过实验测试，系统的功能基本全部实现，能够完成各种字体的文字书写、绘画等功能,还可以通过手机端 APP 对下位机进行远程控制。系统书写文字和绘制图形的效果较好，字体的精确度和精美度较好。

关键词：写字机器人 Arduino UNO 舵机 插补算法 Android Studio

## 目 录

<b>1 绪论</b> .....	<b>3</b>
1.1 课题研究背景及意义 .....	3
1.2 课题研究现状 .....	3
1.3 研究思路与研究内容 .....	4
1.4 论文结构 .....	5
<b>2 系统方案设计</b> .....	<b>6</b>
2.1 系统总体设计 .....	6
2.2 系统开发技术 .....	7
<b>3 系统硬件设计</b> .....	<b>9</b>
3.1 写字机器人结构 .....	9
3.2 ARDUINO UNO 系统 .....	10
3.3 A4988 电机驱动模块 .....	10
3.4 42 步进电机 .....	12
3.5 舵机模块 .....	13
3.6 蓝牙模块 .....	14
<b>4 系统软件设计</b> .....	<b>15</b>
4.1 系统软件开发环境 .....	15
4.2 下位机设计-写字机械臂端 .....	15
4.3 上位机设计 .....	19
<b>5 系统调试与分析</b> .....	<b>22</b>
5.1 系统子模块测试 .....	22
5.2 系统整体测试 .....	22
<b>结 论</b> .....	<b>24</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>25</b>
<b>附录一 ARDUINO UNO 原理图</b> .....	<b>26</b>

# 1 绪论

## 1.1 课题研究背景及意义

人工智能作为一门当今人们最为常用的技术科学之一，越来越多地被运用到各个领域。人工智能可以对人的意识、思维的信息过程进行模拟，虽然无法做到真正的人工智能，但在科技的进步中尽量做到能够像人那样思考，从而实现向人类智慧靠近，做到真正的智能。人工智能是在了解了智能的本质并根据人类的智慧作出反应之后，产生一种与人类相似的智能机器，这种技术即为人工智能。人工智能从诞生以来，理论和技术日益成熟，在现代科技的发展过程中，它的应用领域还在不断扩大。想象在不久的将来，人们的生活会因人工智能产生极大的变化。

机器人在人们的日常生活中应用越来越广泛，例如家务机器人、表演类机器人、消防机器人和医疗机器人等。在二十世纪五十年代全球第一台机器人被恩格尔伯格发明了出来。写字机器人也早在两百多年前就出现过了。最早的写字机器人是由凸轮和发条来实现写字功能，在当时计算机和单片机技术的使用并不成熟，并没有把这两种技术加入进去。凸轮间的运动是早期机器人用来实现操作的一种方式，然后变换凸轮间的组合就可以写出其他的字[1]。这一种书写方式算是写字机器人最早的一种写字算法，但是这种算法在变换凸轮组合的时候会比较麻烦。对于一般的业务爱好者和研究者而言，并不需要设计严密的写字算法来实现写字功能，只需要实现简单的写字算法，一定的误差都是允许的。

因此，对现有的算法进行研究和重现，寻找到可行的、简便的写字算法，设计了一个两个自由度的写字机器人。并且，传统的写字机器人没有移动端 APP，还设计了一个手机 APP，通过界面操作远程操控机器人完成指定内容的书写。结合单片机技术、电子技术、自动控制技术、电机技术和机械传动机构等，充分利用单片机控制器的可编程性、易控制、工作稳定、性能优越等特点，结合安卓手机应用程序开发，使写字机器人实现智能化。写字机器人能够研制成功，可以作为教师的辅助教学设备和机器人的实践设备，对写字机器人的广泛应用起到一定的推广作用，可以让更多的机器人爱好者和研究者去研究和完善这类型的机器人。

## 1.2 课题研究现状

机器人的研制需要涉及到的关键技术很多，它们直接关系到机器人性能的高低。机器人关键技术主要包含以下几个方面：传感器技术，用来获取多种传感信息；信息融合技术，经过融合后的信息更全面、更可靠，可以消除信息的不确定性；智能控制技术，用于提高机器人的速度和精度；人机接口技术，使用户更方便自然地与机器人交流；机器人视觉技

术，用于特征提取、图像处理和图像辨识；导航和定位技术，对于无人驾驶或自主行走的机器人，需要完成导航、避障及路径规划等任务[2]。全球各国都致力于以上几项机器人技术的研发工作，美国和日本在国际上一直处于领先地位。

智能机器人被广泛应用于不同领域，也正在扩大运用范围，出现了管道机器人、水下机器人、空中机器人和服务机器人等多种现代机器人[3]。目前，机器人正朝着两个方向发展，一是与人的细部特征方向相同，二是功能接近真实的人，具有相同的运动能力和判断环境的能力[4]。当前在这两个方面都已经取得了显著的成果，但把这两方面的结合在一起还存在着许多难题，比如，要怎么让机器人关节的灵活度变得更灵活、减少或简化机器人关节结构、如何使效率变高的问题等。伴随着科技的进步这些难题和矛盾会在不久的将来迎刃而解。

仿人机器人的发展还处于起步阶段，计算技术、人工智能和控制理论的发展都与机器人密切相关。写字机器人的写字速度和稳定性有很大的改进空间，这给了研究人员更广阔的研究空间和发展的机会。与此同时，在仿人机器人快速研究和发展的过程中，机器人、人工智能和控制理论等问题被提出了新的问题[5]。目前，仿人机器人的研究正试图将心理学和语言学等更多的专业知识结合起来，为研究方向提供更广阔的思路，同时也为未来机器人的多元化发展奠定了基础。写字机器人的算法也多种多样，我国的写字机器人研究算法主要采用矢量化算法和自由度算法，将字轨迹通过算法运算，转换成机器人要运动的路径。

### 1.3 研究思路与研究内容

该设计思路是采用了 Arduino UNO 作为系统核心控制器，写字臂的结构上参照了激光雕刻机的 CoreXY 结构，因为相对其他结构来说 CoreXY 结构写字会更加稳定一些。

系统研究内容上分为下位机和上位机两部分。

下位机部分先完成硬件部分。采用 Arduino UNO 作为系统核心控制器，选用稳定结构的机械臂组装一个能平稳放置在台面上的机器人，写字臂可以插入圆珠笔或画笔。接着研究控制写字臂的写字算法，完成软件编程。能够实现书写文字的任务，能与手机端进行信息的收发，来对机器人进行控制，使其能够完成指定文字的书写或者图片的绘画。最后是通信模块的选择，选用了 HC-06 蓝牙通信模块，用于手机端和机器人之间的通信，保证信息的准确交互。

上位机部分主要完成一个手机 APP 应用程序开发。选用了 Android Studio 开发平台和 Java 开发语言，设计出一个简易的交互界面，用来远程控制机器人，以及实时接收监控信息。

## 1.4 论文结构

本文内容具体分成以下五个章节。

第一章：绪论。这章介绍写字机器人的研究背景、意义、当前机器人的研究现状和机器人的研究思路和研究内容。

第二章：系统方案设计。先介绍了系统总体设计，然后介绍了系统开发技术。

第三章：系统硬件设计。主要介绍硬件电路设计、原理图和各个模块。

第四章：系统软件设计。主要介绍了软件实现的流程图和两个算法的流程。

第五章：系统测试。介绍最终的测试情况，包括结果和分析。

最后是结论，对已实现的功能和制作过程中解决的问题，还有今后如何改进和完善。

## 2 系统方案设计

### 2.1 系统总体设计

整体系统由电脑端、手机移动端、Arduino UNO 控制器、电机驱动设备、舵机和电机 6 部分组成。电脑端和手机移动端是上位机控制器，下位机控制器由 Arduino UNO 系统构成，电机和舵机是下位机的执行器。上位机电电脑端将想让机器人写的内容经过 Inkscape 图片转换软件转换成文件后缀为.nc 或.gcode 的文件。然后电脑端通过串口将文件发给下位机，手机 APP 端通过蓝牙发给下位机，使写字机器人执行文件中的坐标信息。下位机中 Arduino UNO 系统通过串口或者蓝牙接收上位机或手机 APP 发送过来的文件，将发送过来的文件识别并转换，再由下位机控制器中控制电机和舵机的程序控制电机和舵机完成写字的动作。写字机器人总框图如图 2-1 所示。

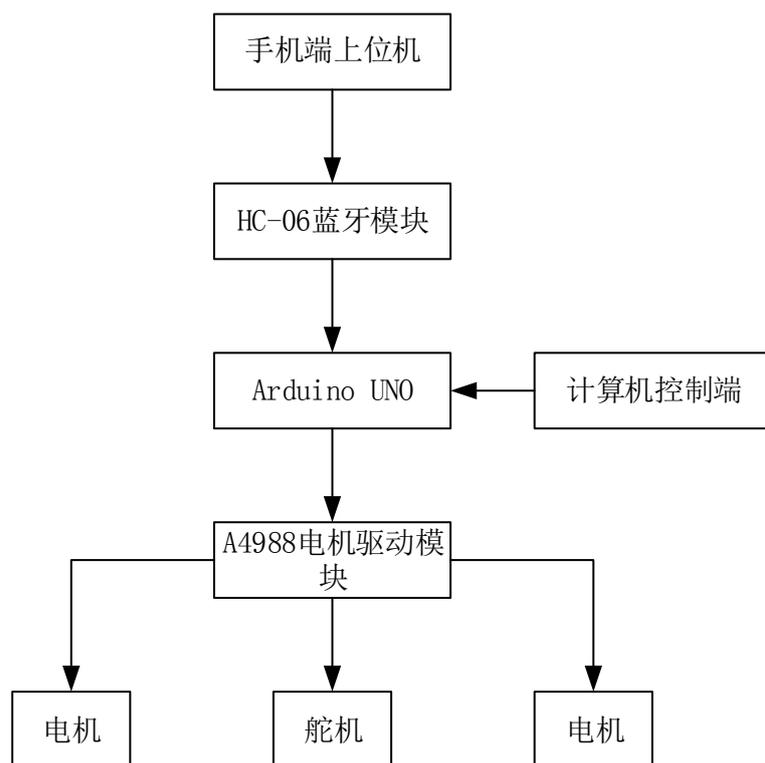


图 2-1 写字机器人总框图

电机和同步带组合是机器人的执行器，两者的组合精确把握了对距离的控制。电机是由 Arduino UNO 控制器输出控制脉冲驱动其运作。当电机收到控制器发来的脉冲时，就能让写字臂前进或后退。

步进电机通过施加足够功率和频率的电脉冲依次控制绕组进行操作。控制脉冲信号和

电平方向是由脉冲分配器来负责接收，各相状态控制绕组会依次给电机信号，电机根据信号做出反应。每一次给电机控制脉冲时，最少有一个信号发生变化来自脉冲分配器，还会把输出的状态变换一次。电机转动的速度和舵机升降都是由控制脉冲控制。控制脉冲发生器和驱动器的结构示意图如图 2-2 所示。

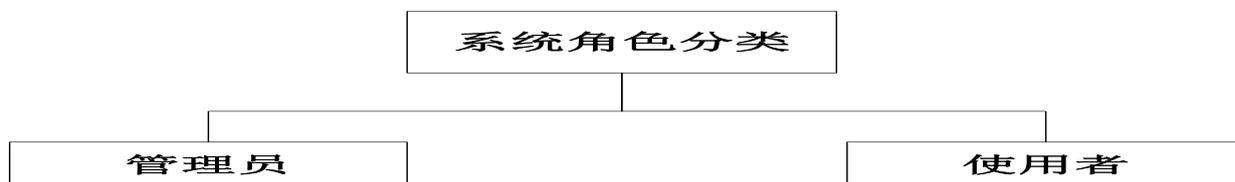


图 2-2 控制脉冲发生器和驱动器的结构图

## 2.2 系统开发技术

上位机的 APP 软件是以 Android Studio 开发工具进行开发,主要通过 Java 语言来进行 APP 的蓝牙功能实现的编写,以及简单 UI 界面的设计,达到点击 UI 界面的按钮来进行发送指定数据控制写字机器人写字的功能。下位机系统核心控制器 Arduino UNO 主要使用 Arduino IDE 开发。

Arduino IDE 是为开发 Arduino 而设计的，专门用于 Arduino 程序的开发，具有开放源代码的原理图设计，ISP 支持在线刻录，同时兼容 C、Processing 等多种程序。

### 2.2.1 Android 系统框架

Android 系统体系结构图如图 2-3 所示。Android 系统四层架构分别是：

#### (1) Linux 内核层

这一层是软件和硬件的抽象层，它的系统核心服务也是以此为基础的,Linux 内核层也为各类设备的驱动提供了服务[6]。

#### (2) 系统运行库层

这一层是应用程序支撑的框架，由特定的库来提供支持。这层还有 Android 运行库,包括核心库和虚拟机,核心库提供了调用所需的函数,还有一些核心 API[7]。

#### (3) 应用框架层

这一层是为构建应用程序提供服务，Android 中的部分核心应用即为通过这些 API 完成。

#### (4) 应用层

手机上的所有应用程序都是属于应用层,就如手机的浏览器、下载的游戏等,写字机器人的上位机 APP 也是属于这个层。

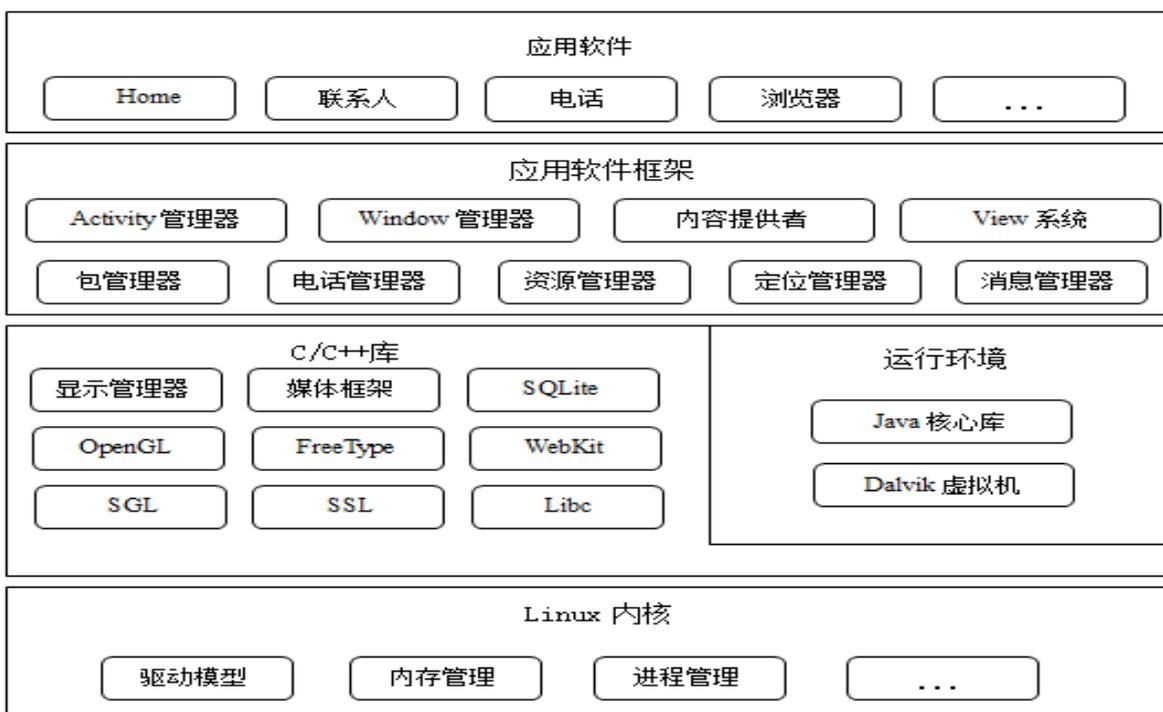


图 2-3 Android 系统体系结构图

### 2.3.2 Android Studio 开发环境

Android Studio 的搭建步骤如下:

#### (1) JDK 的安装与配置

上位机的手机端是以 Android 系统为基础设计, 从网络上下载安装与自己电脑位数相同的 JDK, 然后对一些环境变量进行修改。

#### (2) Android Studio 的安装

下载完成后, 按照提示完成安装。初始安装包只包括最基础的工具, 还需要另外安装其他需要的组件, 所需要的组件都可以在网上找到并下载, 减少了不必要的麻烦。

## 3 系统硬件设计

### 3.1 写字机器人结构

整体的框架用的 8mm 光轴和铝合金支架作为骨架，采用的是 CoreXY 结构，整体结构相较其他结构也比较紧凑，减少了运动部件的重量，可以适当提高电机的加速度。如图 3-1 所示。

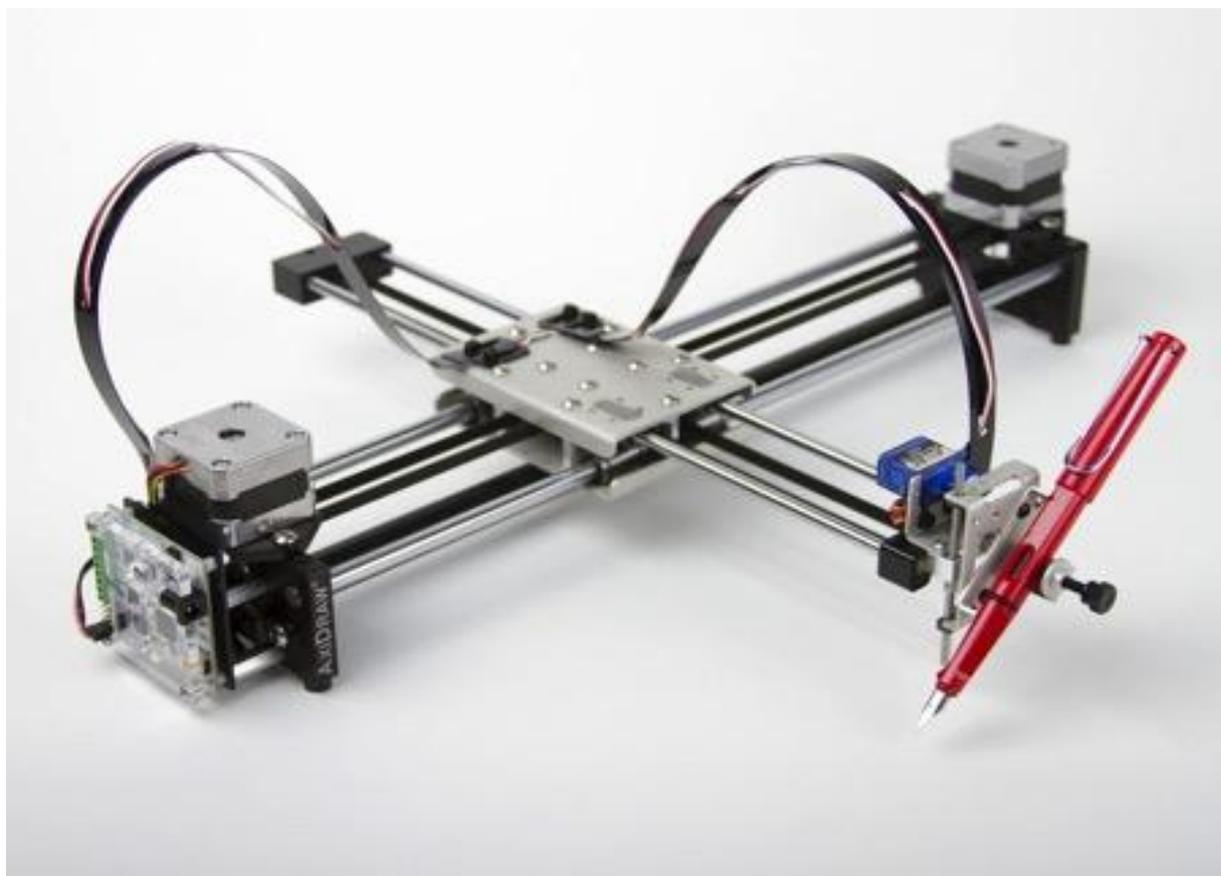


图 3-1 写字臂整体结构

CoreXY 它的原理是通过两个电机同时控制 XY 的移动，A 顺时针 B 逆时针，向+Y 轴运动；A 逆时针 B 顺时针，向-Y 轴运动；A 顺时针 B 顺时针，向+X 轴运动；A 逆时针 B 逆时针，向-X 轴运动。CoreXY 移动原理图如图 3-2 所示。

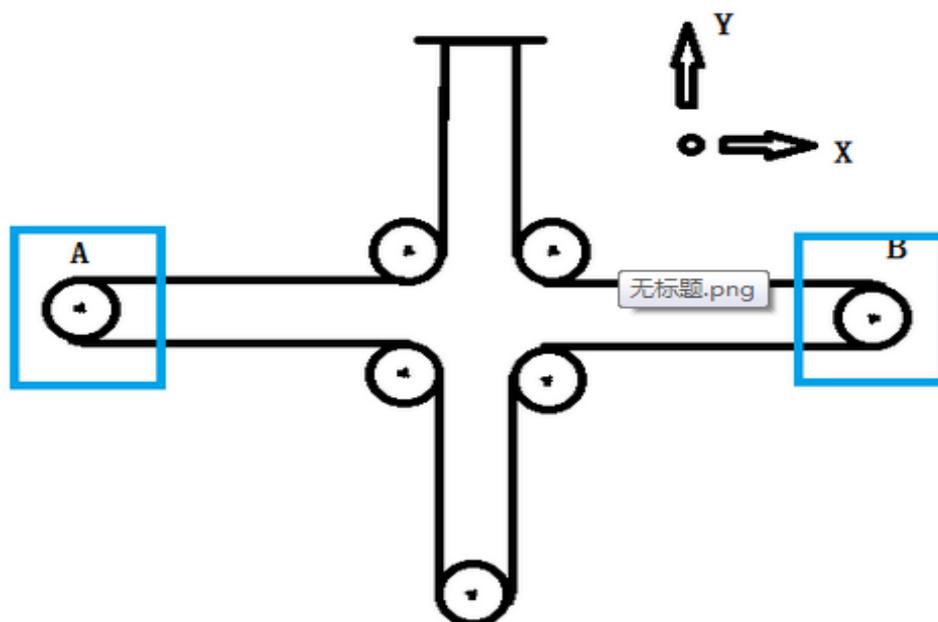


图 3-2 CoreXY 移动原理图

## 3.2 Arduino UNO 系统

Arduino UNO 系统作为下位机的核心控制器，下位机通过串口或者蓝牙接收上位机发来已转换成坐标形式的 G 代码文件，再通过内部写字算法程序转换，输出控制脉冲和方向电平控制步进电机运作和舵机的抬笔和落笔。

Arduino UNO 开发板含有丰富的接口和应用资源，能够非常方便地外接各种各样的传感器和外设装置来制作一些创新性的作品。Arduino UNO 开发板基于 ATmega328P 控制器，晶体振荡器频率达到 16MHz，内部含有 14 个数字 I/O 引脚（其中含 6 路 PWM 输出）、6 个模拟输入引脚、一个 USB 接口、一个 DC 接口、一个 ICSP 接口和一个复位按钮。用户只需要简单地把它连接到计算机的 USB 接口就可以驱动它。Arduino UNO 开发板内含的上述资源足够写字机器人的开发。本文选用的 Arduino UNO 开发板的原理图见附录一。

Arduino UNO 硬件和 Arduino IDE 软件建立了一套 Arduino 开发标准，此后的 Arduino 开发板和衍生产品都是在这个标准上建立起来的[8]。用户通过 Arduino IDE 开发环境就可以对 Arduino UNO 开发板进行编程。在 Arduino UNO 开发板上的 ATmega328 芯片中，存储有 bootloader 程序，使得用户可以上传程序到开发板上，而不需要使用额外的编程器，使得程序开发流程变得很简洁、快速和便利。

## 3.3 A4988 电机驱动模块

该设计的电机驱动模块通过与 Arduino UNO 的 STEP 和 DIR 引脚进行连接，接受

Arduino UNO 发出来的控制脉冲和方向电平来驱动电机和舵机的转动以实现字的书写。与 Arduino 开发板的连接图如图 3-3 所示。

电机驱动模块需要单独提供电源来进行供电，与 Arduino UNO 所需要的电源区分开，这样做的目的是为了保障 Arduino UNO 能够稳定工作，电机和舵机也能够有足够的动力输出。

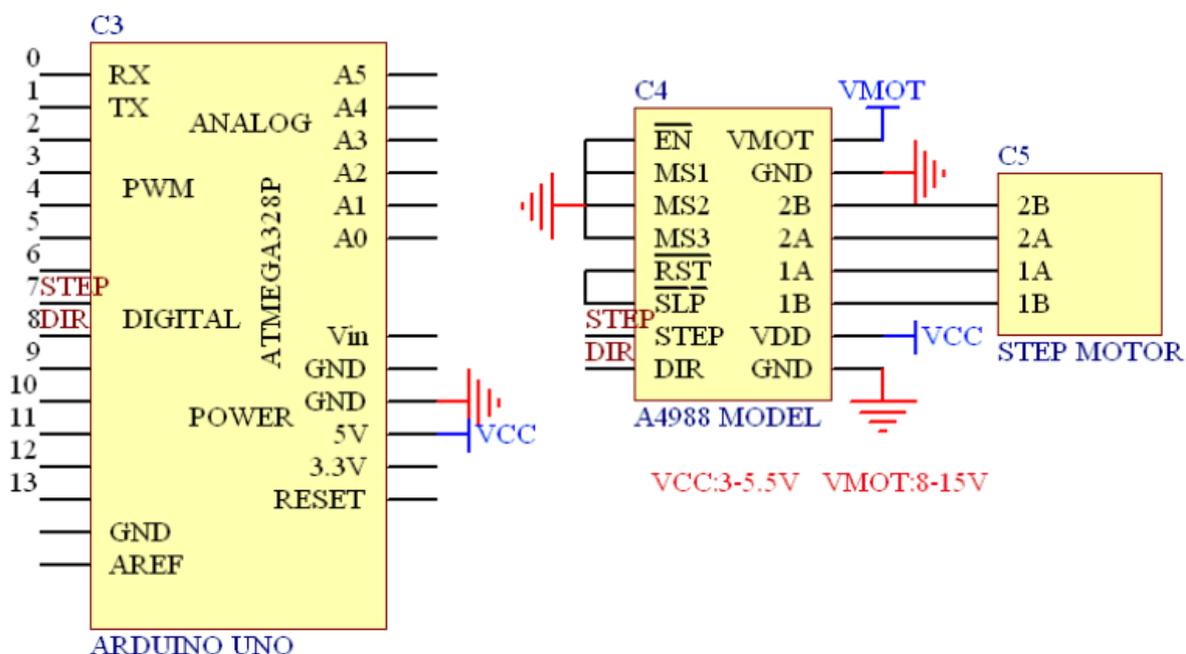


图 3-3 A4988 与 Arduino 连接图

A4988 电机驱动模块有一个编译器是用来控制器和驱动电路之间信息传递，DA 信号也是由编译器产生的，PWM 锁存器可以修复衰减信号并产生电平对逻辑控制器进行控制 [9]。逻辑控制器配合电流调节器和 N 型 MOS 管驱动电压驱动双向全桥电路。ROSC 主要改变和修复衰减模式，VDD 自动修复衰减。在修复过程中，GND 电流衰减被设置为增加和减小电流。驱动输出电压是由 SENSE1 和 2 来检测，实际上是检测当前时间输出的电流，电流调节器调整输出电流信号形成闭环控制。A4988 电机驱动模块内部结构如图 3-4 所示。

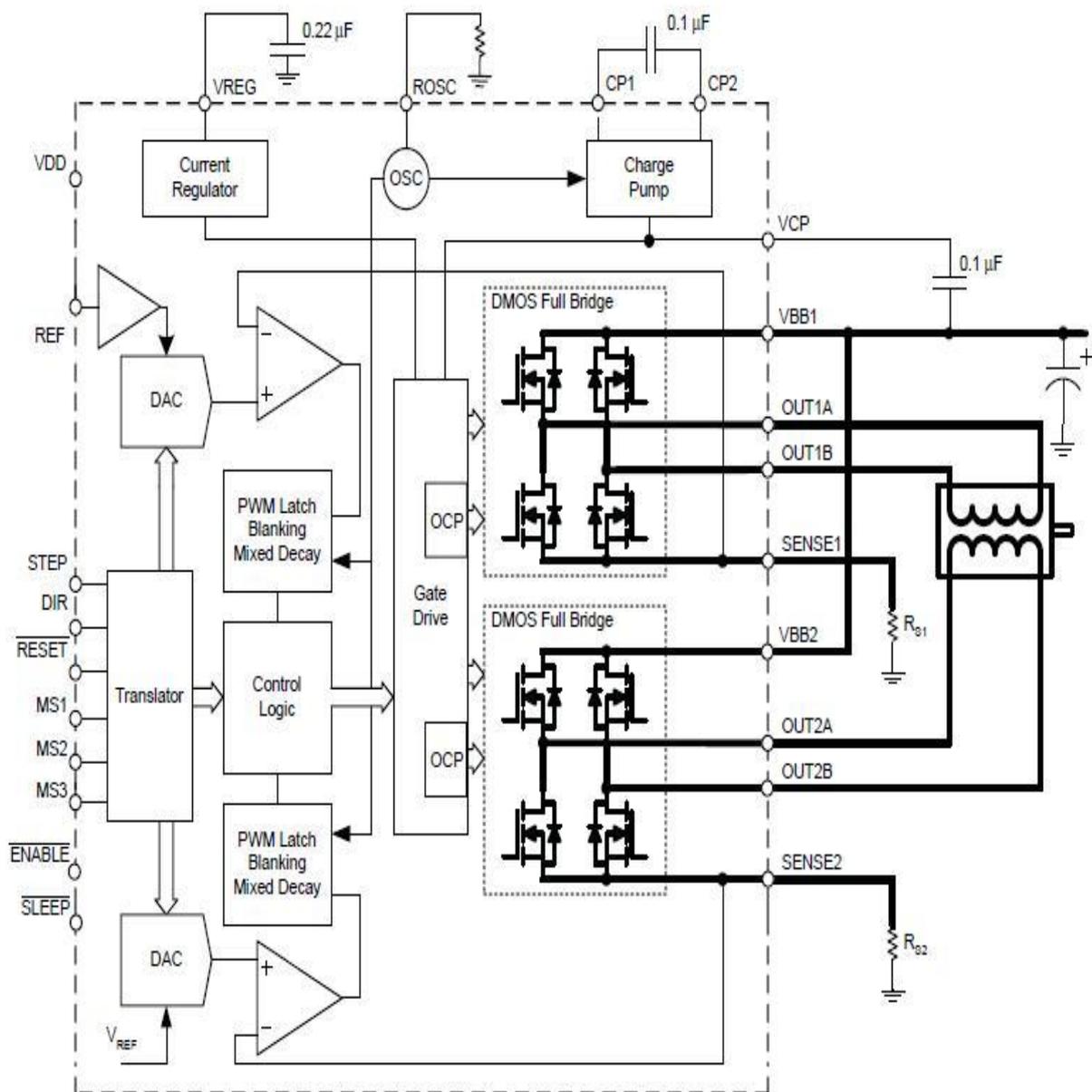


图 3-4 A4988 电机驱动模块内部结构

### 3.4 42 步进电机

在该系统中，利用了步进电机精准的角度转动特性来控制机械臂的运动，从而达到写字动作的完成。步进电机的转动主要是通过 Arduino UNO 内部的计算，精确的修改旋转角度。步进电机的转动器是以 ATmega328 作为主控器，以 A4988 电机驱动模块驱动。电机实物图如图 3-5 所示。

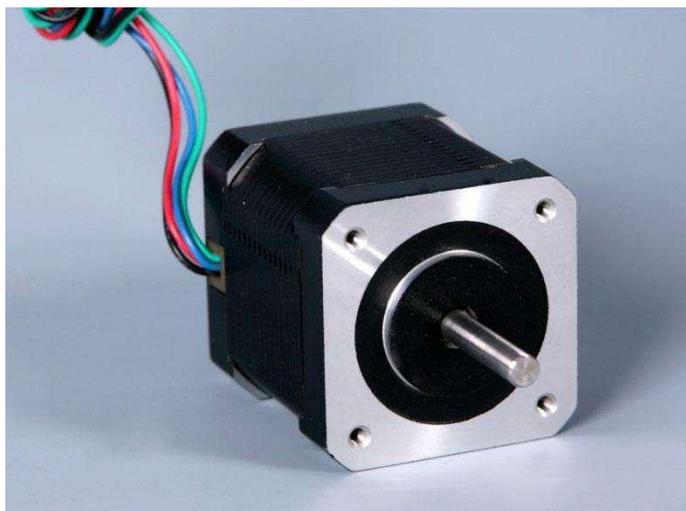


图 3-5 电机实物图

### 3.5 舵机模块

在该设计中，舵机的作用是抬笔和落笔，不然字迹连在一起就无法达到写字的效果。

舵机是一种特殊的电机。当存在角度命令时，会根据命令转到命令给的角度。当下的大多数机器人关节都由舵机构成[10]。例如，一些大型机器人可用于手臂、膝盖等。这种类型的电动机可以通过简单的操作旋转，并且机器人的控制相对容易。

脉宽调制（PWM）信号是用来控制舵机转动，根据 PWM 信号就可以得到舵机旋转了多少度，也可以看出，通过控制具体给舵机通电了多长时间，然后根据反馈回来的信号结合上角度传感器，来对舵机进行精确角度转动的控制[11]。舵机脉冲驱动如图 3-6 所示。

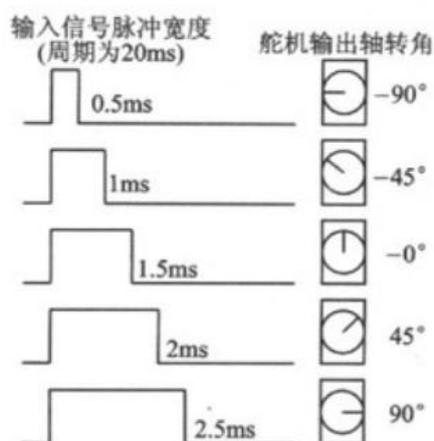


图 3-6 舵机脉冲驱动

### 3.6 蓝牙模块

系统采用的蓝牙模块为 HC-06，HC-06 蓝牙模块是专门为智能无线数据传输而打造，采用英国 CSR 公司芯片，遵循 V2.0 蓝牙规范，通信范围为 10 米，共四个引脚，VCC、GND、TXD 和 RXD，可以方便地连接到 Arduino UNO 的串口，被广泛地用在了具备蓝牙通讯功能的设备上。HC-06 接线图如图 3-7 所示。

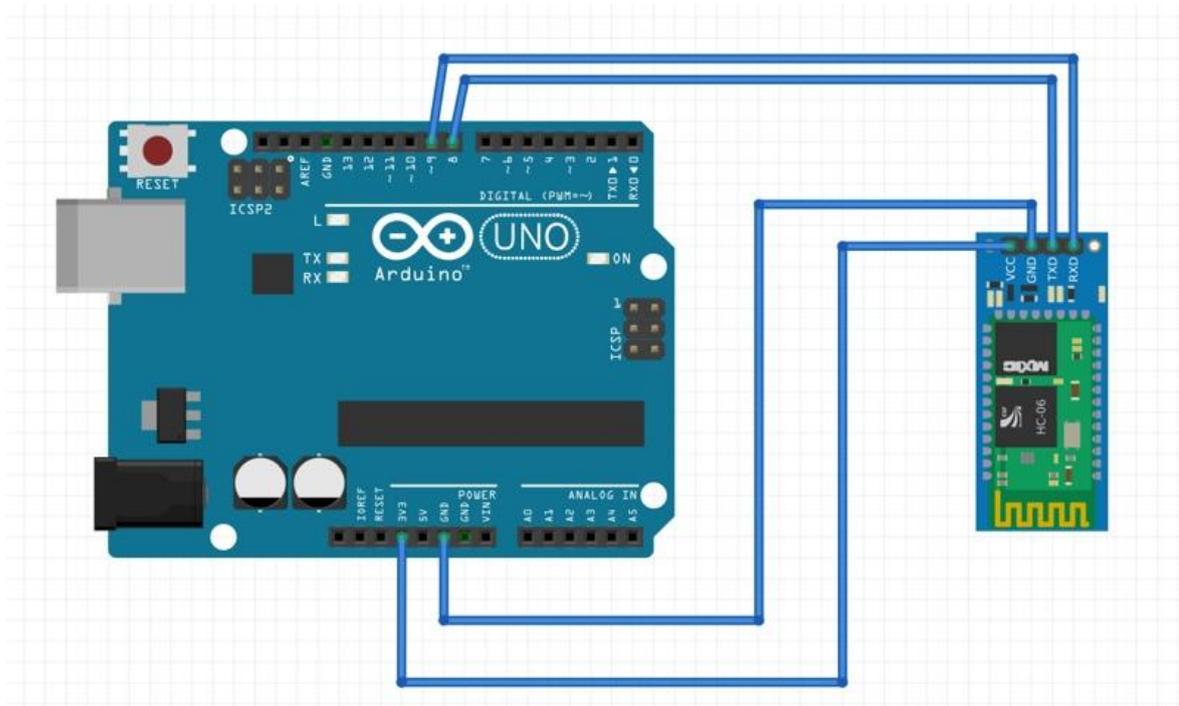


图 3-7 HC-06 接线图

## 4 系统软件设计

### 4.1 系统软件开发环境

写字机器人使用了 Arduino UNO 作为核心控制器，而 Arduino IDE 是 Arduino 官方推出的一个专门用来开发 Arduino 的开发环境[12]。Arduino IDE 的特点是可以兼容很多种语言的编译，允许用户使用 Windows、Macintosh OSX 和 Linux[13]。Arduino IDE 界面友好，语法简单，对于初学者来说极易掌控，同时也保留了足够的灵活性。在开发方式上使得 Arduino 的程序开发变得非常便捷，开发者可以更加关注创意与实现，更快地完成自己的项目开发，大大的节约了学习的时间。

Android Studio 是目前使用最广泛的手机 APP 开发平台，开发起来也比较容易，因为可以根据别人的结论再结合本身的情况进行一定程度上的修改和完善，就可以达到要实现的目标。

### 4.2 下位机设计-写字机械臂端

系统软件设计包含写字机械臂下位机部分和上位机部分。包括了抬笔、落笔和规划写字机械臂的运动轨迹等。将对应的程序编写后用函数的形式体现，然后再调用这些函数。主程序流程如图 4-1 所示。

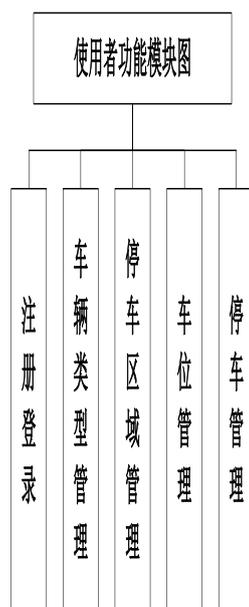


图 4-1 主程序流程图

程序部分分为书写时驱动舵机控制装有水笔的写字臂抬笔和落笔的操作，写字完成后或者没有写字时要控制舵机把水笔抬起来。写字部分涉及写字机械臂的各个方位的动作等。将要书写的字进行 Inkscape 软件转换最终导出.nc 或者.gcode 的坐标文件。然后将文件导入 Arduino 让其识别并控制写字机器人进行写字[14]。控制笔的子程序流程图如图 4-2 所示，这边的 i 是对舵机通电时间进行计数。



图 4-2 控制笔的子程序流程图

### 4.2.1 像素扫描算法

像素扫描算法如图 4-3 所示。上位机 PC 端将想要写的图片内容经过可以转换的图片处理软件转换成坐标文件，使用了挺有知名度的 Inkscape 软件，在其算法中先进行一步初始化，然后扫描读取像素颜色值信息，如果颜色不是白的，则在相应点阵区域中对应位置点划出实心圆；如果颜色是白色，则继续扫描下去，一直执行下去，在显示点阵区域中输出对应的图片点阵图。Inkscape 软件的操作步骤如下：第一步打开软件设置好想写的图片内容的尺寸；第二步在软件内打开图片，把对象转化为路径，这样就可以提取出图片的轮廓；最后一步就是生成.nc 或者.gcode 后缀的文件并保存到特定文件夹或者好找的地方。之后的操作就转到上位机写字软件或者上位机手机 APP 使用最后生成的文件发送给下位机控制器，控制器经过内部程序的转换后输出脉冲控制电机和舵机。完成以上动作后只需等

待机器人完成内容的书写。

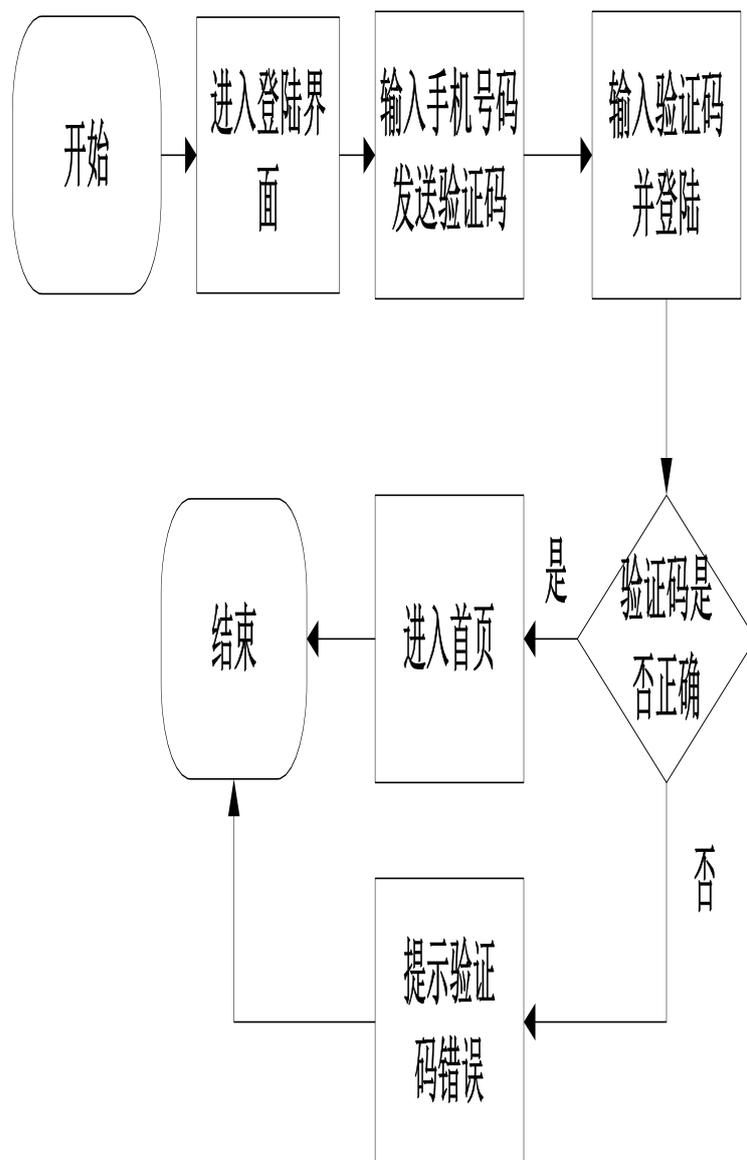


图 4-3 像素扫描算法

## 4.2.2 直线插补算法

直线插补算法如图 4-4 所示。字体的基础是由直线构成，写字机械臂末端无法像真正人类的手臂一样地沿着一条直线运动，所以当折线足够多的时候就能够将其近似的认为是直线。插补就是在起点到终点两点路径间算出多个坐标点，这些坐标点的精度会对控制速度直接产生影响。这一种方法会把当前的坐标点的形状跟指定的图形轨迹进行对比，然后对两者的轮廓进行偏差判断，才会对下一步进行选择。如果当前点超出了指定的图形，那么下一步是使其向图内移动；如果当前点是在图中，那么下一步是让点向外移动，不断缩小偏差，最终得到一个与指定图形最为相近的轨迹[15]。

直线插补过程中也是用到了上面的方法，步进电机运行的每一步都要执行以下四个步骤：（1）偏差判别是根据对比两方的偏差值来确定写字笔位置；（2）坐标给进是根据鉴别结果再由控制器控制写字臂到底是往哪个方向移动；（3）新偏差计算是计算笔移动后与指定图形有没有产生新的偏差，并对下一步进行判别，一步步推下去，最终将书写笔移动到处理起始点并设置起始点；（4）终点比较，在进行偏差计算的时候，还要将其与指定图形的终点进行对比，用来确定写字笔是否已到达终点。如果到达了终点，运算就停止了，并发出停止的信号或者更换一段新的程序段。其中计数变量又决定着要递推几次，每当完成一次插值计算，E 就会减 1。当计数变量 E 减到 0 时，就代表插值的过程完成了，结束插值并跳出，一直等待下次的插值计算[16]。

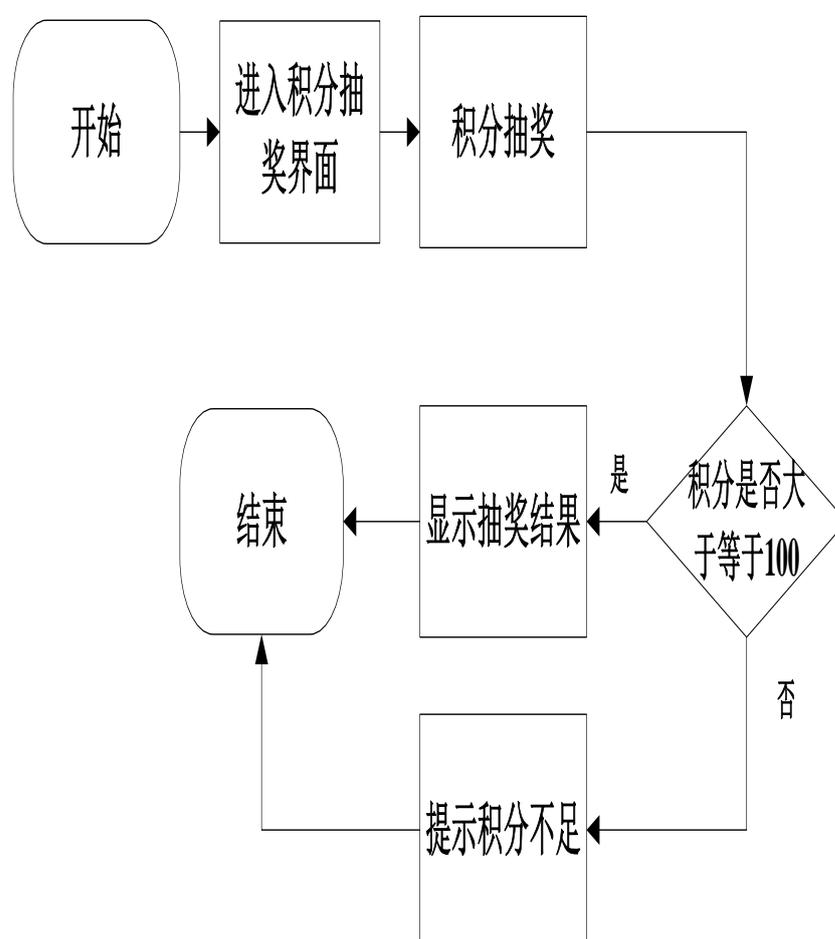


图 4-4 直线插补过程

### 4.2.3 圆弧形插补

圆弧形插补过程如图 4-5 所示。文字中撇和捺的曲线也是写字的一个难点，这边使用了圆弧插补算法来解决这个问题。写一个圆弧，把写字点到圆心的距离相对于圆的半径的差值计算出来[17]。假设圆弧的位置是在 X 轴和 Y 轴正半轴的区域，那么 E 点作为圆弧的

起点，A 点作为终点。偏差判别式如公式 4-1 所示：

$$F = \frac{1}{2} (x^2 + y^2 - R^2) \quad (4-1)$$

如果 P 点在圆弧外或圆弧上，控制步进电机驱动写字笔向圆弧内部移动；如果 P 点在圆弧内部，就控制步进电机驱动写字笔向圆弧外部移动[18]。圆弧形插补过程如图 4-5 所示。

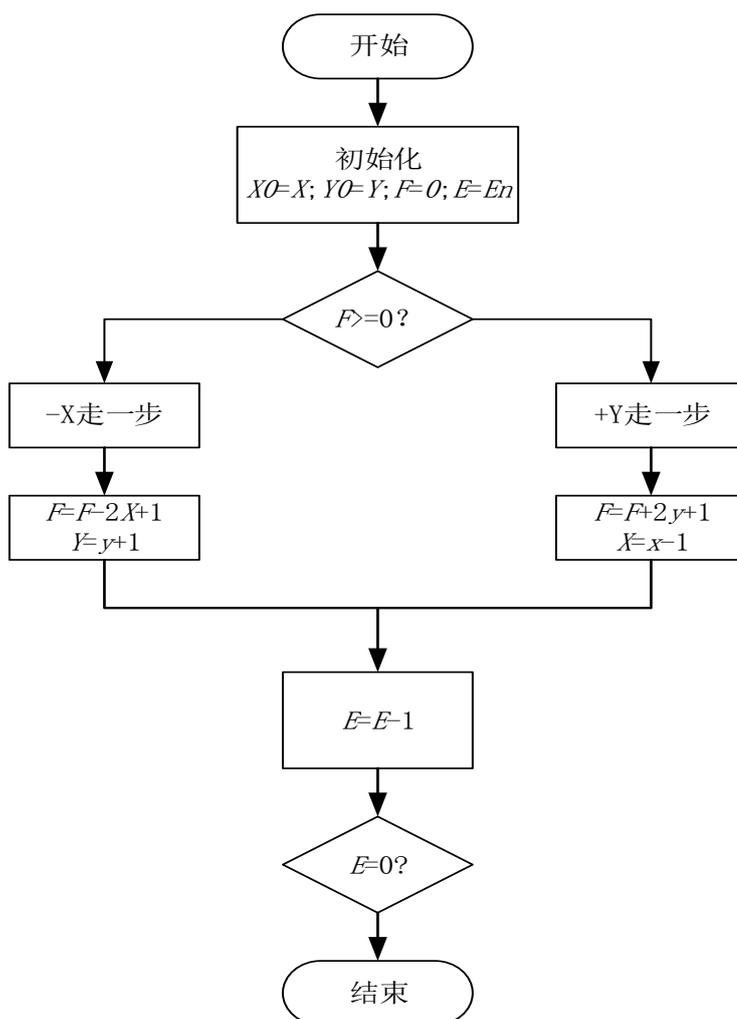


图 4-5 圆弧形插补过程

### 4.3 上位机设计

上位机部分分为 PC 端和手机 APP 端。PC 控制端是通过 USB 进行通信，通过写字软件来进行对机器人的控制。手机 APP 端是通过蓝牙来收发数据，进而实现对机器人进行远程控制的目的。

### 4.3.1 PC 控制端

PC 控制端选用开发板自带的应用软件,如图 4-6 所示。界面分为 5 大块,分别有连接、机器状态、文件、机器控制和控制台。连接部分能够显示出连接的端口号、波特率以及刷新按钮和连接按钮。机器状态部分就是显示机器的活动状态和工作位置以及机器位置。文件部分是用来导入转换好的 G 代码。机器控制部分是手动控制机器位置和起点。控制台部分是显示具体信息。

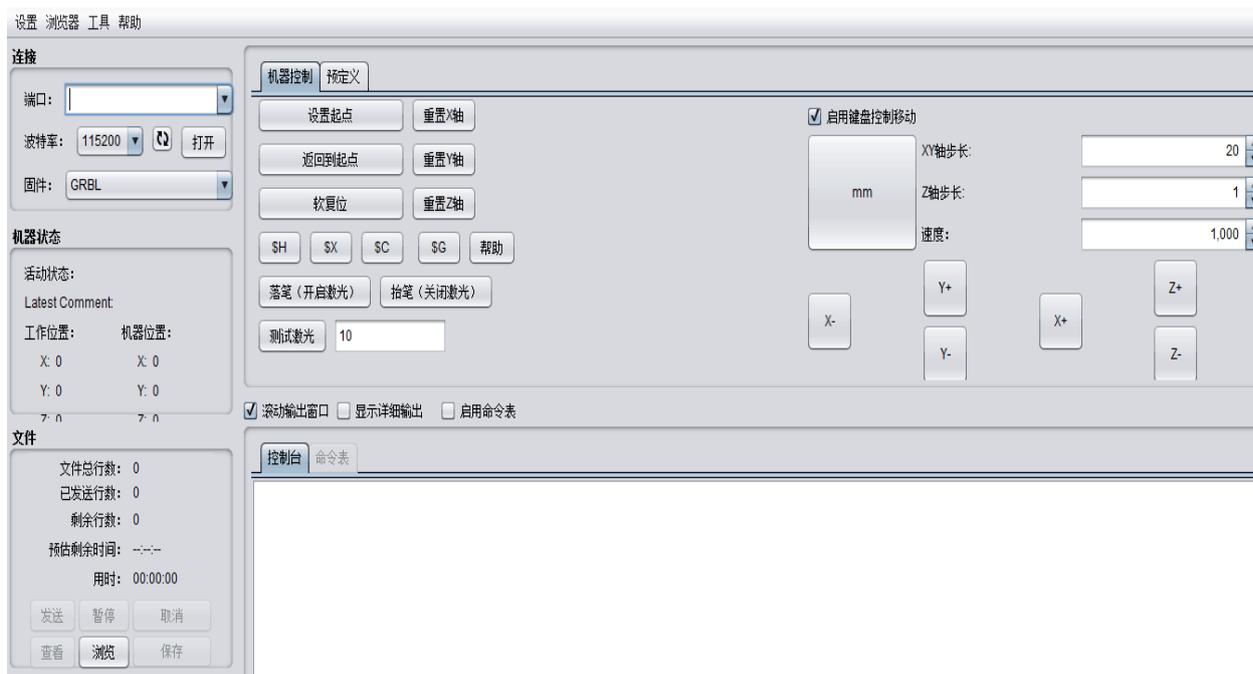


图 4-6 PC 端控制界面图

### 4.3.2 手机 APP 端

APP 客户端的设计主要是为了方便用户远程控制机器人,提前将转换好的文件导入手机,打开手机蓝牙与写字机器人上的 HC-06 蓝牙模块连接上,就可以开始操作机器人写字了。APP 整体的界面比较简洁,操作难度不高。

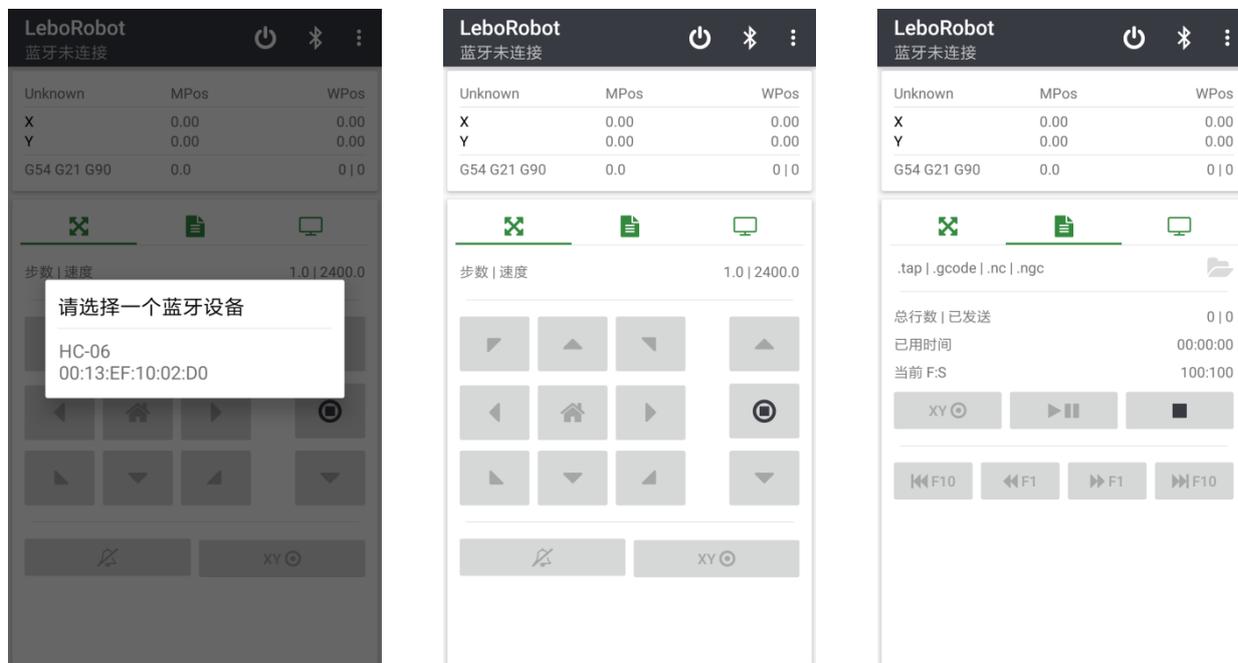
#### (1) APP 界面设计

APP 包括 3 个交互界面,分别为蓝牙设备列表界面、指令控制界面和文件导入界面。设备列表界面是扫描周边的蓝牙设备,发起连接蓝牙设备的工作,指令控制界面是将自行定义的指令发送到蓝牙,文件导入界面是将转换好的 G 代码文件传到下位机控制器处。各界面如图 4-7 (a) (b) (c) 所示。

#### (2) APP 操作流程设计

打开手机 APP 前,先打开手机蓝牙,刷新蓝牙设备,与下位机的 HC-06 蓝牙连接成

功连接后，打开手机 APP，点击右上角的蓝牙标志的按钮，选择已与手机连接上的 HC-06 蓝牙，连接成功后即可开始控制，通过蓝牙传送已转换好的 G 代码，再由 Arduino 将数据发送至 A4988 电机驱动模块，接收到数据后的 A4988 将信息再发送到电机和舵机，进而对电机和舵机进行控制，以此完成对写字机器人的远程操控。



(a) 设备列表界面

(b) 指令控制界面

(c) 文件导入界面

图 4-7 APP 界面图

## 5 系统调试与分析

### 5.1 系统子模块测试

#### 5.1.1 A4988 电机驱动模块测试

A4988 电机驱动模块是写字机器人电机和舵机的运作核心, 严格执行 Arduino 的每一个指令。通过电机的转动来实现写字轨迹的运作。

A4988 电机驱动模块通过 Arduino UNO 来测试, 测试过程先让步进电机逆时针转 4 圈 step (ture, 1600), 稍微延时 delay (500), 再顺时针转 20 圈 step (false, 1600\*5)。

#### 5.1.2 HC-06 蓝牙模块测试

手机 APP 通过 UI 界面的一些按键来进行自定义数据的发送, 让单片机接收到数据并传输至 A4988 电机驱动模块使其控制电机与舵机精确转动达到写字的目的。

为了实现蓝牙连接, 将手机端启动一个线程, 初始化客户端 Socket(指定到服务端 uuid), 调用 Socket.connect()方法连接到服务端, 等待服务端的确认。待连接成功后, APP 即可通过 Scket 进行数据交换, 达到 APP 控制设备的功能。

### 5.2 系统整体测试

将 Arduino UNO 连接到计算机后, 进行驱动的安装, 然后打开写字软件进行通信, 验证系统固件是否烧写成功。

之后, 将 A4988 电机驱动模块、Arduino UNO、电机和舵机连接, 然后 Arduino UNO 连接到计算机, 在 Arduino IDE 中编写测试代码, 观察电机和舵机是否是根据设定值旋转。

在测试机器人写字时, 先将两组步进电机电缆连接器插入 A4988 电机驱动模块, 再将舵机的电缆连接器也插入 A4988 电机驱动模块, 然后将步进电机模块插入 Arduino UNO 控制板上, 并通过串口线将 Arduino UNO 控制板连接到计算机上。在电脑上打开 DrawRobot 写字机器人软件, 打开后在连接界面选择正确的 COM 端口后, 将传输波特率设置为 115200。检查连接和电源接线无误后, 单击浏览按钮选择先前创建的 G 代码文件, 然后单击发送键开始发送, 最后观察结果。手机端 APP 的测试通过连接蓝牙, 再将 G 代码文件通过蓝牙发送到下位机主控板, 主控板再控制舵机和电机进行写字。

写字结果演示如图 5-1 所示。结果表明, 系统书写的文字字体较为美观, 没有出现错别字或者笔画错误等现象。系统运行稳定、可靠。

# 观沧海

作者：曹操

东临碣石，以观沧海。

水何澹澹，山岛竦峙。

树木丛生，百草丰茂。

秋风萧瑟，洪波涌起。

日月之行，若出其中。

星汉灿烂，若出其里。

图 5-1 写字结果演示图

## 结 论

课题“写字机器人的设计与实现”设计了一个能够使用 PC 端和手机端 APP 进行操控的写字机器人，经过测试，写字机器人能完整且稳定地写出想写的内容，在电脑上通过串口将文件发给下位机或者手机 APP，再通过蓝牙将文件发给下位机，下位机的 Arduino UNO 通过内部的程序将发送过来的文件完成翻译并发送到 A4988 电机驱动模块来驱动电机和舵机完成内容的书写。以下是主要的工作内容：

(1) 采用 Arduino UNO 和 A4988 电机驱动设备作为系统控制部分，实现了数据处理和传递的功能。

(2) 采用 Java 语言设计并实现了上位机手机端 APP 的人机交互界面。

(3) 采用 HC-06 蓝牙模块进行通讯，完成了手机端上位机 APP 与下位机的蓝牙通讯。

(4) 对系统各个子模块进行整合并联合调试，结果表明，系统能够完成指定内容的书写功能。

课题的创新性在于可以使用手机端 APP 进行远程操作，一般的写字机器人不具备这个功能。虽然已经实现了写字机器人的书写功能，但是后期还可以通过加入一些其他部件进一步改进或改造，比如可以作为 3D 打印机的改装原型，或者将水笔替换成激光笔头做成微型雕刻机。

## 参考文献

- [1] 曾华琳, 黄雨轩, 晁飞, 等. 书写机器人研究综述[J]. 智能系统学报, 2016(01):15-26.
- [2] 本刊编辑部. 2018年机器人行业十大新闻[J]. 机器人技术与应用, 2019(01):12-16.
- [3] 高玲玲, 李红, 李宇舰. 基于 Arduino 的机器人写字系统的设计与实现[J]. 合肥学院学报(综合版), 2016(04):54-58.
- [4] 黄雨轩. 智能机器人自主书写方法的研究[D]. 厦门:厦门大学自动化技术专业, 2017.
- [5] 陈玉敏, 谢玮, 孟宪民, 等. 智能写字机器人设计[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(01):266-268.
- [6] 黄吉华. Android 系统架构研究与应用[J]. 电子技术与软件工程, 2016(07):49.
- [7] 于智, 曲伟峰, 马春艳. 安装 Android Studio 开发环境常见问题解决方法[J]. 科技风, 2018(18):55.
- [8] 陈吕州. Arduino 程序设计基础(第2版)[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2015:46-49.
- [9] 李明亮. Arduino 项目 DIY[M]. 北京:清华大学出版社, 2015:58-62.
- [10] 叶金晶, 周健, 乔颖颖. 基于 Arduino 的 PM2.5 和温湿度实时检测器设计[J]. 传感器与微系统, 2016, 35(8):67-69.
- [11] Araújo A, Portugal D, Couceiro M S, et al. Integrating Arduino-Based Educational Mobile Robots in ROS[J]. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2015, 77(2):281-298.
- [12] 卢光跃, 吴涛. 基于 Arduino 控制的机械臂的运动与程序设计[J]. 机械制造, 2014(03):50-52.
- [13] 姚昕, 宋金海, 王星宇, 等. 基于 Arduino 单片机模拟搜救其系统的设计与实现[J]. 电子技术与软件工程, 2017(10):72-74.
- [14] Shunchang Yang, Yikan Liu, Na Wu, et al. Low-cost, Arduino-based, Portable Device for Measurement of Methane Composition in Biogas[J]. Renewable Energy, 2019, 83(01):224-229.
- [15] 李进文, 何素梅, 吴海彬. 一种直线插补算法及其在机器人中的应用研究[J]. 机电工程, 2015, 32(07):966-970.
- [16] 郭清达, 万传恒, 史步海. 基于遗传算法的工业机器人时间最优轨迹规划及仿真研究[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(04):1240-1242.
- [17] 毕俊喜, 薛志安, 王飞, 等. 一种新的逐点比较法圆弧插补算法的研究[J]. 机床与液压, 2016, 44(17):102-104.
- [18] 牛方方. 基于圆弧插补的工业码垛机器人轨迹规划[J]. 机械制造与自动化, 2018, 47(4):154-156.

# 附录一 Arduino UNO 原理图

