

Preface

This material is adapted from the original contest material submitted by this team, whose slight difference were made after the first round of the contest in order to make the work better. To protect the privacy of the authors, names are hidden.

基于机械臂和视觉的智能流水线系统

第一部分 设计概述

1.1 设计目的

本团队以 Hi3861V100 芯片作为主控，通过使用 CMOS 光学传感器、机械臂等外部传感器，设计出一套无人化的智慧物流分拣系统。通过使用条码扫描设备获取产品信息，将结果信息输入开发板，驱动机械臂盖不同的印章；并且根据识别的产品类别，输出 PWM 波形舵机驱动挡板，使得在流水线上运动的不同产品被分类到不同区域，来实现流水线产品识别、盖章和分拣功能，以解决目前工业生产物流分拣中，智能化程度较低的问题。

1.2 应用领域

随着物流行业的快速发展和日益增长的物流量，仅仅依靠人工已无法满足其需求。本作品设计的智能流水线分拣系统综合了传感器识别、红外测距、机械臂抓取等技术，可以应用于物流行业以及工业流水线作业中物品的自动分拣和分类。本作品不仅可以节约大量人力成本，显著提高货物的分拣效率和分类准确率，对于推进物流行业朝自动化方向的发展也具有重要的应用价值。

1.3 主要技术特点

本作品主要分为控制主机和通信主机两个部分。以实现自动化与远程的统筹控制为目的，解放当前流水线上单一枯燥的人力劳动的同时实现云端的实时监控与控制，做到进一步的自动化与物联网并兼顾安全性与便捷性。

在控制机方面，通过条形码扫描器经过串口获取物品信息，对物品进行分类；通过输出 PWM 波形驱动机械臂进行盖章、物品放行；通过红外测距模块检测物品位置，并利用舵机弹出物品；通过 WiFi 连接和 TCP 协议和云服务器进行信息交互。

在通信机方面，与微信小程序通信，发送统计信息，接收控制指令，并可选择受控的控制机，向其转发控制指令。通信机和控制机的通讯通过串口连接完成。

1.4 关键性能指标

本作品是一个流水线物品分类系统，关键性能指标为：流水线长度 1.5m，物品处理速度约为 5s 一个，条形码与条形码扫描器最小距离 7cm，机械臂下压盖章延时约 500ms，机械臂盖章用时约 500ms，盖章后阻拦器开放延时约 1s，阻拦器开放时间约 1s，在流水线最高运行速度下弹出延迟距离约 4cm；小程序操作和云端页面操作无明显延迟；云端信息更新延迟不超过 3s。

1.5 主要创新点

(1) 可实现全自动化的信息识别、盖章与分类分拣功能，解放流水线上

单一繁琐的人工生产力。

(2) 支持自动和手动两种模式对流水线进行操作，可对流水线远程进行精细测试与控制；

(3) 设计了云端服务器程序和微信小程序，可以实现流水线系统的多端操作，且实时性好，能较好得监测流水线得工作情况。

(4) 自主设计机械臂盖章机构和开关弹出器的部分结构的 3D 打印件，使得设备更加稳固。

第二部分 系统组成及功能说明

2.1 整体介绍

本作品主要实现了实现在流水线上的产品识别、盖章和分拣功能。主要功能的实现由**两块 Hi3861** 开发板完成，可分别称为通信主机与控制主机(下面简称通信机与控制机)。其中**通信机**主要用于**远程控制与管理**，**控制机**则用于**实现流水线上各设备的驱动与功能的实现**。

通信机的板端通过 UDP 局域网和**微信小程序**进行互联，在微信小程序向通信机发送控制指令，通信机通过 UART 与控制机进行通信，可以控制流水线上的各个设备，用于检测设备是否处于正常状态。同时控制机将已分拣的信息回传至通信机，当云端发送请求后，通信机会将分拣的具体信息更新到微信小程序中。

控制机通过**条形码扫描器**获取流水线上的物品信息，分析后驱动**机械臂**对物品盖章并打开阻拦器，物品通过阻拦器后，根据所属类别，物品会在不同位置离开流水线。各设备的通信方式如下：条形码扫描器通过 UART 与控制机通信，**PCA9685 (PWM 发生器)**和**SSD1306 屏幕**的控制通过 IIC 协议完成，**按键检测**与**红外测距**通过 ADC 完成。在单一控制机的情况下，通过 TCP 协议，控制机可以跳过通信机直接控制外设进行远程 **WiFi 控制**测试。此外，流水线上的多个**舵机**均由 PCA9685 进行驱动控制。

本系统具有**很强的扩展性**，通过连接通信机的不同的串口，可以扩展更多相同的流水线模块，进行统一管理。在通信机的屏幕上显示了正在通信的流水线编号，可通过按键或微信小程序进行更改，以此对不同的流水线进行远程控制。

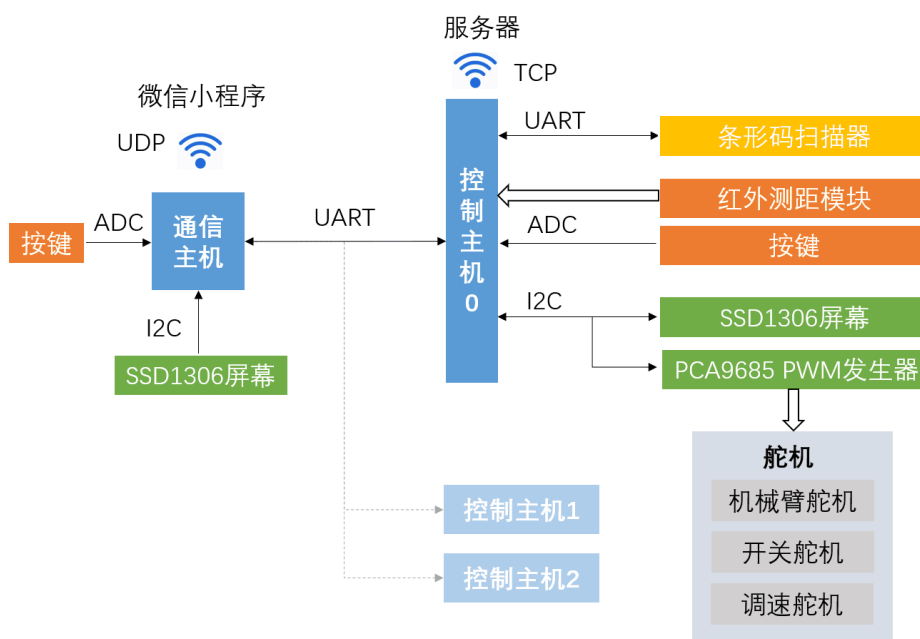


图 2.1 整体结构图

2.2 各模块介绍

2.2.1 通信机和微信小程序

一、显示模块

为了方便流水线规模的扩展，在通信机上设置 OLED 屏幕显示当前流水线的编号，对应通信机当前可以控制的流水线。OLED 屏幕使用 IIC 驱动，初始的流水线编号为 0 号，通过 ADC 线程持续检测按键是否被按下，以此手动改变流水线的编号。

正常状态下 ADC 检测值为 1900 左右，左侧按钮按下后变为 250、右侧按钮按下后变为 550，因此可以通过 ADC 检测值的大小判断，当 ADC 的值变小后再次回到 1900 左右时认定为一次有效触发，以此防止一次按压产生多次效果。左侧按钮按下后流水线编号减一，右侧按钮按下后则编号加一。改变编号的数值大小可以改变通信机发送数据的串口，以此来实现远程控制不同流水线的目的。

二、通讯模块(UDP+UART)

除了显示模块之外，通信机运行 UDP 局域网线程与 UART 的线程。通过远程可视化的方式对流水线进行控制可以较为方便的测试设备是否工作正常以及应对突发情况等。通信机的上位端通过微信小程序的方式实现^[1]，使用方法简洁且无手机硬件的局限性。UDP 线程每 20ms 检测一次是否有指令从小程序中发送，当接收到指令后会对指令进行筛选并执行相应的动作，其中小程序可发送的指令包括：

1. 切换控制的流水线编号
2. 控制弹出器的弹出与收回
3. 控制流水线的运行速度
4. 控制机械臂的四个舵机
5. 向通信机发送请求，通过局域网向小程序发送当前的物流分拣信息

其中，功能 1 直接作用于通信机，功能 2~4 发送至通信机后通过串口发向控制机，由控制机做出相应的反馈动作，功能 5 则会将信息更新在微信小程序的界面中。

进入微信小程序后出现下图所示界面，设置通信机的 IP 地址和端口，实现与通信机的远程通信。



图 2.2 微信小程序连接界面

进入控制界面后有如下三个界面，其中哪一个界面激活，下方的图标与文字就会高亮显示，便于辨认。



图 2.3 微信小程序 3 个控制界面

设备控制界面的上方可以改变发送的 IP 地址与端口，在控制界面内，可以在文本框中输入流水线编号并发送，通信机上的控制编号便会同步更改，中间三个按钮分别对应控制流水线上的挡板与两个弹出器，下方的速度档位选择可以控制流水线的速度，速度的档位信息会对应显示在云端互联界面的设备信息中。

机械臂调试界面的四个进度条分别对应流水线中机械臂上的四个舵机，序号从小到大分别对应控制机械臂从上至下的四个舵机，通过拖动进度条可以控制舵机的旋转，使机械臂变为不同的姿势。方便找到最佳的盖章姿态以及测试机械臂的工作状态情况。

云端互联界面的设备信息与设备控制界面的速度档位控制有关，显示的是流水线此时的运行速度情况，当运行速度为 0 时运行状态为“关闭”，其他情况下运行状态为“开启”，在远程工作情况中，点击刷新向通信机发送请求，通信机会将已经分拣的快递数量上传至微信小程序中，数量会随工作数量的变化而变化。

2.2.2 控制机和流水线

一、流水线主体模块

为了介绍流水线的功能和运作流程，首先介绍流水线上所用的各种硬件：

(1) **流水线**：流水线长度约 1.5 米，装设有调速电机一台。调速电机的调速旋钮上固定一个舵机，可以通过舵机的旋转来调整旋钮的位置，进而达到调整流水线运行速度的目的^[2]。

(2) **条形码扫描器**：采用 GM77 条码识读模块，并通过 UART2 与控制机通信^[3]。测试时设置了 3 种条形码，解码后的信息分别为 10032010028、10032010029 和 10032010030，分别对应 ID 为 0、1 和 2。



图 2.4 条码扫描器

(3) **机械臂**：通常，机械臂系统包括模块化机械臂和灵巧手两部分^[4]。本作品的机械臂由 4 个舵机控制。其中 3 个舵机用于控制机械臂的运动，称为运动舵机；1 个舵机用于控制印章的选择，称为印章舵机。控制舵机间由金属器件连接，构成机械臂主体，通过预定两组 PWM 占空比，使得机械臂具有抬起和压下两种状态；印章舵机通过自主设计并 3D 打印的连接件与印章相连，通过调整印章舵机的 PWM 输入旋转印章舵机，可以选择不同的印章。



图 2.5 机械臂

(4) **阻拦器**：阻拦器的主要控制结构为舵机^[5]，附带一个横杆和 3D 连接件。阻拦器会阻止物品在流水线上运动，方便物品上的条码扫描和机械臂盖章。收到指令后，阻拦器会打开，为物品放行。

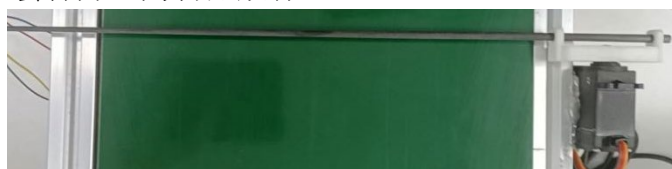


图 2.6 阻拦器

(5) **开关弹出器**：由一个红外测距模块^[6]和一个带有横杆的舵机构成。横杆通过自行设计的 3D 打印件与舵机连接。测试中，一条流水线装设 2 个开关弹出器。当物品通过红外测距模块，开关弹出器根据指令决定是否将该物品弹出流水线。



图 2.7 开关弹出器

(6) **16 路 PWM 信号发生器**：由于 Hi3861 的接口数量限制，外接一采用 PCA9685 芯片的 16 路 PWM 输出板。该输出板采用 IIC 协议与控制机进行通信，不占用 Hi3861 芯片资源。

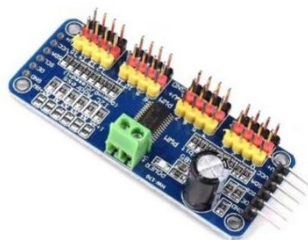


图 2.8 16 路 PWM 信号输出模块

(7) **Hi3861 开发板**：采用外部电源供电。开发板上安装含有按键和 SSD1306 OLED 显示屏的模块。按键采用 ADC 方式检测，OLED 显示屏也通过 IIC 总线显示系统中的各项信息。

为达到现有流水线的主要功能^[7,8]，该模块的主要功能如下：

将贴有条形码的物体放置于传送带左端，物体随传送带运动至条码扫描器前，并被阻拦器阻挡。条码扫描器自动扫描物体上的条码并发出“嘀”声，解析条码信息，获得物品 ID，并向开关弹出器的控制队列中添加控制信息，同时向云端和通信机发送统计信息。延迟约 500ms 后，机械臂盖章并弹起，再过 1s 后阻拦器打开，物品继续顺着传送带运动，随后阻拦器关闭。物体运行到指定开关弹出器后，即被弹出流水线，未被弹出的物体则在流水线末端自然掉落离开。

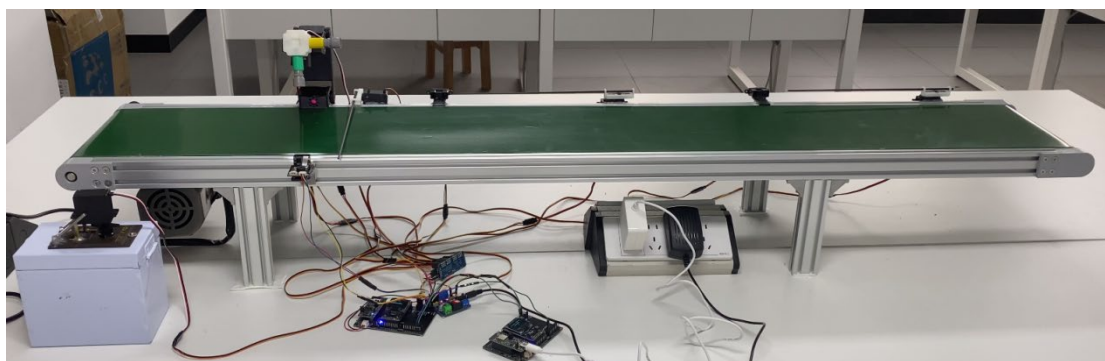


图 2.9 流水线整体效果

二、多模式控制模块

为防止小程序误操作和实现设备的精细控制，控制主机设有自动和手动两种控制模式，可以通过屏幕下方的右侧按钮调整。在自动模式下，各设备不受人工干预，控制机自动检测带有条形码的物品，自动控制机械臂、阻拦器和开关弹出器的工作。同时也可以从通信机接受控制信号，通过调整调速旋钮上的舵机来改变流水线运行速度。在手动控制模式下，机械臂、阻拦器和开关弹出器都可通过通信机发送信号控制。相较于自动模式，手动模式可以接收精细调整信号，精准控制每个舵机的旋转角度和位置。详细操作方式请见通信机一节。

控制机和通信机通过 UART 连接。控制机发送给通信机的计数信号每次 1 字节，表征计数增加的物品类别；通信机发送给控制机的信号每次 5 字节，首字节为 0xFF 校验字符，次字节为控制字符，剩余三个字节为对应的控制信息。当控制字符指向舵机时，控制信息表明受控舵机的 PWM 波形占空比；当控制字符描述预设动作时，控制信息将被忽略。

在没有通信机与之连接时，控制机可以单独自动工作，也可以连接云端。云端界面显示与流水线的连接情况和各种物品的统计个数。单击右侧按钮可以通过

云端页面实现对通信机的手动控制。

云端和控制机通过 TCP 协议连接。控制机首先连接 WiFi，并定期向服务器发送 6 字节心跳数据包，内容为“@alive”；发送计数信息时内容为“Cxyyy”，其中 x 为物品类别，yyy 为物品个数；云端页面单击时发送的控制信号和通信机发来的控制信号格式一致。



图 2.10 云端界面

三、屏幕与按钮模块

为了在没有网络连接或没有通信机的情况下显示系统的运作情况，方便用户观察或故障调试，本作品设有屏幕与按钮模块。

各项检测和状态信息会显示于 OLED 屏幕，通信方式为 IIC^[9]。内容如下：

- (1) 第一行：是否启用手动控制；
- (2) 第二行：当前检测到的物品条形码信息；
- (3) 第三行：0 号开关弹出器的状态和控制队列中元素个数；
- (4) 第四行：1 号开关弹出器的状态和控制队列中元素个数；
- (5) 第五行：WiFi 连接状态；
- (6) 第六行：云端连接状态；
- (7) 第七行：物品计数器；

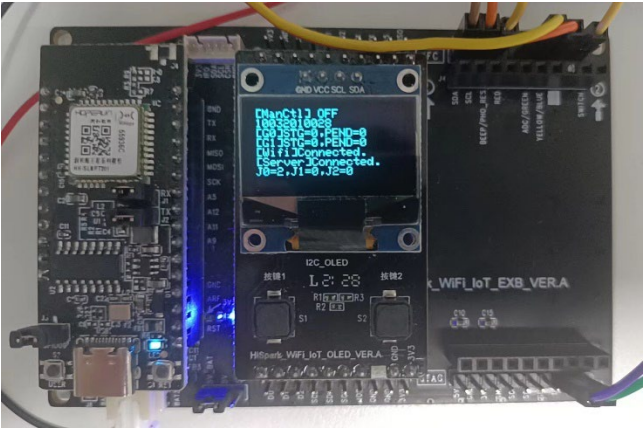


图 2.11 屏幕和按键

屏幕右下角的按钮为模式切换按钮，按下按钮后，控制模式将会在自动/手动中切换。

四、线程管理

由于控制机任务繁杂，按键检测、条码扫描、物品弹出、接收外部控制信号的工作需要同步进行，且会访问相同变量，因此需要对线程进行管理。

控制机上电自启动后，将会进入启动线程，依次完成屏幕、UART 1、红外测距模块、按键、条码扫描器、PWM 输出模块和舵机的初始化，并设置线程锁。

除了启动线程之外，控制机共设置 6 个线程：分别为按键检测线程、条码扫描器线程、开关弹出器线程、串口外部控制线程、TCP 心跳线程和 TCP 接收线程。前五个线程在启动线程中启动，TCP 接收线程则在 TCP 心跳线程中启动。TCP 相关功能藉由 LwIP 实现^[10]。

(1) **按键检测线程**：该线程不断检测指定按键是否按下。检测到按键按下后，改变当前控制模式，并在屏幕上输出对应信息。每次检测后，线程等待 200ms 后进行下一次检测。

(2) **条码扫描器线程**：该线程以阻塞方式不断接收 UART2 连接的条码扫描器发来的条码信息。一旦检测到特定条码，线程会向开关弹出器的队列中添加信息，此后控制机械臂和阻拦器动作，动作过程中无法检测新的条码。

(3) **开关弹出器线程**：该线程不断检测红外测距模块的返回电压，推算是否有物品经过。当有物品经过时，检查开关弹出器的队列。当队列非空时，弹出队首元素，并根据队首元素确定是否弹出当前物品。

(4) **串口外部控制线程**：该线程以阻塞方式不断接收 UART1 连接的通信机发来的控制信息。一旦收到信息，调用控制函数实现手动控制逻辑。

(5) **TCP 心跳线程**：该线程首先试图连接指定的 WiFi 直至成功。连接成功后，线程试图创建 TCP 客户端并连接指定服务器直至成功，此后启动 TCP 接收线程，每隔 5 秒向服务器发送心跳数据。一旦发送失败，线程将试图重连服务器。

(6) **TCP 接收线程**：该线程以阻塞方式接收来自服务器的控制数据。一旦收到信息，调用控制函数实现手动控制逻辑。

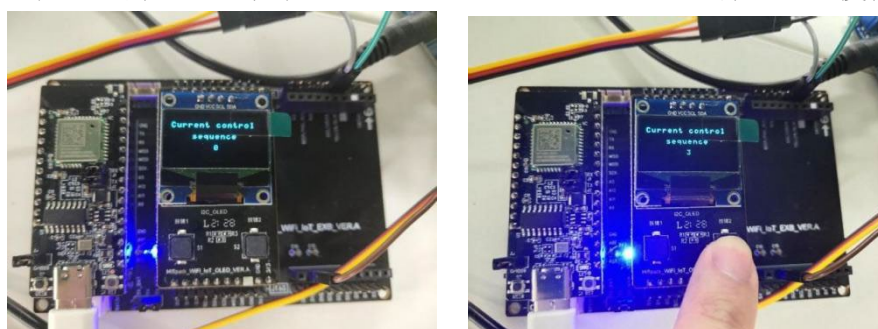
屏幕操作、网络连接和 PWM 输出板相关函数线程不安全，因此对它们分别设置了线程锁，避免不安全的跨线程变量操作造成不可预料的后果。

第三部分 完成情况及性能参数

3.1 通信机和微信小程序

一、显示模块

OLED 屏幕通过 IIC 通讯控制，按键通过 ADC 进行检测，检测频率为 200ms，当检测到按下后在次松开才认定为一次有效操作，以此防止一次按压产生多次效果。左侧按键按下后流水线编号减一，右侧按键按下后则编号加一。改变编号的数值大小可以改变通信机发送数据的串口，以此来实现在远程控制不同流水线的目的。屏幕上方会显示通信机用于连接小程序的 IP 地址和端口，方便操作。



(a) 初始可控制的流水线编号

(b) 通过按键改变可控制的流水线编号

图 3.1 通信机板端部分

二、串口通讯

通信机用来与控制机级联的串口为 UART2，由于两块 Hi3861 并非同一电源供电，除了连接 RX、TX 线之外还需要将两块板子的 GND 相连才能正常通讯，

通信机的接收线程每 100ms 检测一次控制机发送的物流分拣数据，发送线则在接收到小程序的指令后才会发出数据到控制机。

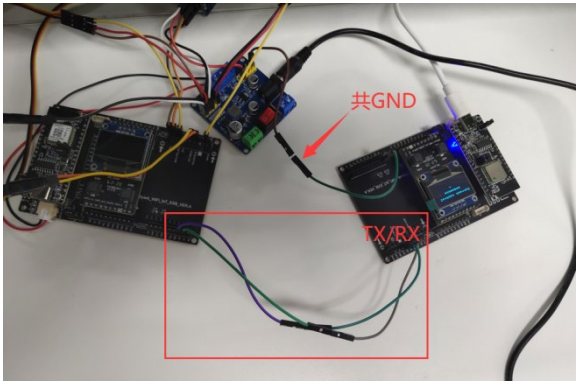


图 3.2 通信机与控制机的串口连接情况

三、微信小程序

通信机的上位端通过微信小程序的方式实现，UDP 线程每 20ms 检测一次是否有指令从小程序中发送，当接收到指令后会对指令进行筛选并执行相应的动作，而发送指令的界面情况如下：

1. 设备控制界面



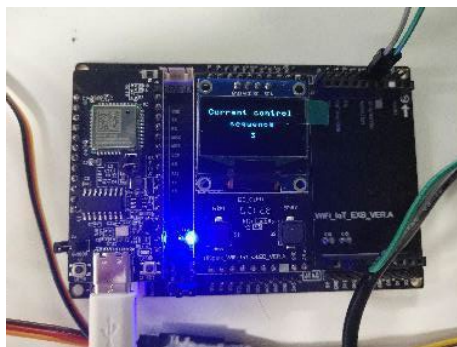
图 3.3 小程序控制设备界面的主要功能划分

本界面共有三个功能：

功能一为**编号更改**，位于“控制界面”的上侧，可以通过发送文本来改变通讯板上的流水线编号，改变发送控制指令的流水线。



(a) 初始可控制的流水线编号



(b) 通过小程序远程控制改变流水线编号

图 3.4 小程序远程控制流水线编号

功能二为**弹出器控制**，位于“控制界面”中间部分的三个按钮，通过点击按钮的方式控制流水线中的两个弹出器和挡板的触发与回归，出发后按钮变为绿色，按钮内的文本也随之改变，发送成功或失败都会弹出提示框提醒用户。



(a) 发送弹出指令并回馈发送成功



(b) 发送收回指令并回馈发送成功

图 3.5 弹出器与挡板的小程序控制

功能三为**速度选择**，位于“控制界面”的下方，通过点击不同的档位控制连接在流水线速度旋钮上的舵机，改变舵机的位置带动流水线速度旋钮的位置，以此来调整流水线的速度，同样在发送完控制指令后会弹出消息提示框提示用户。同时，流水线的速度状态也会在云端互联的界面出现，两处功能相互关联。



图 3.6 流水线速度调节

2. 机械调试界面

本界面主要为流水线上的机械臂调试做开发使用，界面内包括机械臂的名称和性能介绍与四个通过拖动调整机械臂旋转位置的进度条，拖动某一条进度条后松开即可出发函数，向通信机发送控制机械臂的指令，以此来远程控制机械臂，便于项目前期找到较好的盖章姿态和测试机械臂是否处于正常工作状态。界面中舵机的序号从小到大分别对应控制机械臂从上至下的四个舵机。与“控制设备”界面相同，当小程序向通信机发送指令后会弹出提示框提醒用户是否发送成功。

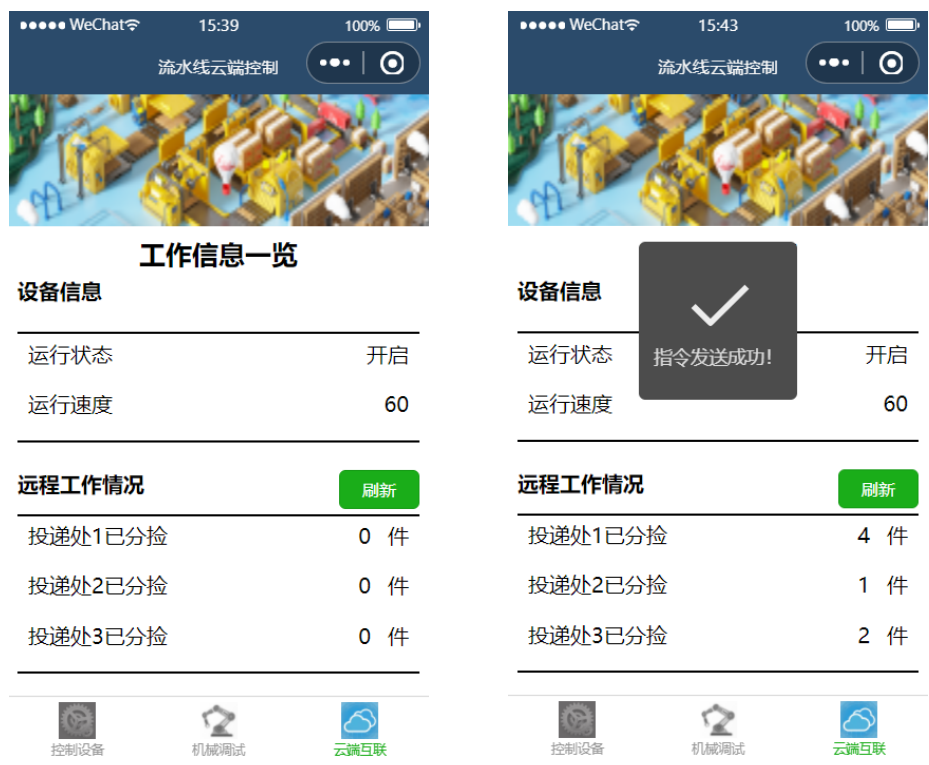


图 3.7 小程序机械调试界面概况

3. 云端互联界面

本界面中部的流水线速度信息与设备控制界面的指令相级联,可以显示流水线此时的运行状态, 上述讲解中有所提及, 在此不做赘述。

下方的远程工作情况中, 当用户点击刷新后, 小程序会向通信机发出请求, 此时通信机会将控制机回馈给自己的分拣数据通过局域网发送到小程序中, 并更新远程工作情况里三个投递处的快递数量。向通信机发送指令后同样会弹出提示框提醒用户是否发送成功。



(a) 未发送数据请求时的界面 (b) 发送数据后更新数据后的界面

图 3.8 小程序云端互联界面概况

3.2 控制机和流水线

一、流水线主体模块

1. 测试物体

测试所用物体为长方体褐色纸盒, 大小约为 95×95×30mm, 在某一侧面贴有条形码, 如图所示。条形码内容共 3 种, 分别为 10032010028、10032010029 和 10032010030。





图 3.9 测试盒子三视图

2. 测试效果

上电启动后，所有设备自动复位。机械臂抬起、印章舵机旋转至预定位置、阻拦器关闭、开关弹出器开放、流水线处于最高速度运行。以手将一盒子置于流水线始端，盒子随流水线运动，扫码后发出嘀声，流水线停止，机械臂盖章后抬起，随后阻拦器开放，流水线恢复原速，盒子离开后阻拦器关闭。整体过程和预期效果一致。条码内容为 10032010028 的盒子运行通过第一个红外传感器后被弹出，条码内容为 10032010029 的盒子运行通过二个红外传感器后被弹出，条码内容为 10032010030 的盒子运行至传送带末尾自然掉落。

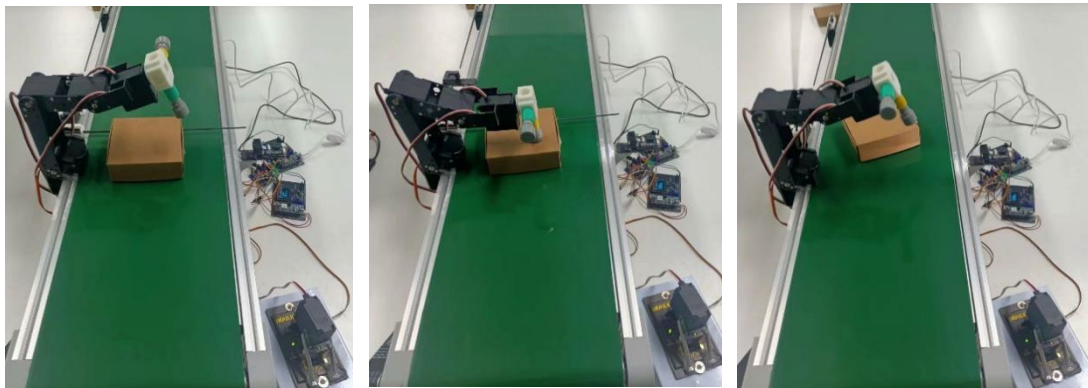


图 3.10 扫码、盖章放行三合一视图

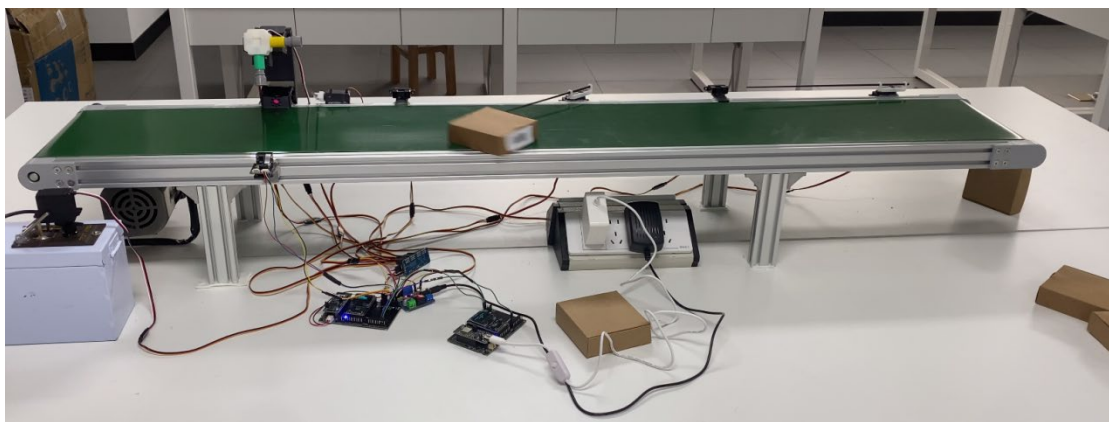


图 3.11 物品弹出与分类效果图

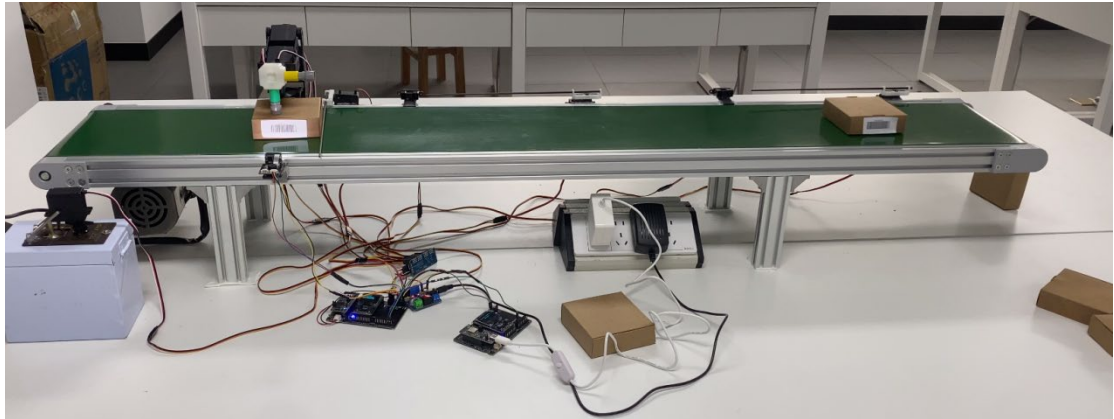


图 3.12 整体运行效果图

3. 性能参数

条形码与条形码扫描器最小距离：7cm；

机械臂下压盖章延时：500ms；

机械臂盖章用时：500ms；

盖章后阻拦器开放延时：1s；

阻拦器开放时间：1s；

弹出延迟距离：约 4cm（最高速度）；

各舵机高电平时间（微秒）：

机械臂姿态	0	1	2
Up	1460	900	1160
Down	1460	600	1160

印章舵机位	Pos0	Pos1	Pos2	Pos3
高电平时间	2120	1500	1500	500(未使用)

设备	阻拦器	开关弹出器 0	开关弹出器 1
Open	640	580	540
Close	1580	1500	1400

二、多模式控制模块

在使用通信机时，每当用户操作小程序时，通信机都会发来控制信息，受控设备将快速动作。整个过程中没有用户可以明显感知的延迟，具有良好的实时性。在用户刷新小程序后，可以正确对物品进行计数。

在不使用通信机、采用云端服务器时，计数同样正确，且手动控制时也没有明显延迟。云服务器的前端页面显示于 <http://myfrank-personal.top:8088/>，采用 Node.JS 搭建，页面风格选用 Bootstrap 系列，并使用 JQuery 简化前端代码逻辑。由于该页面设置于公网，为减少误访问的几率，页面设置了登录机制，输入正确的用户名和密码方可访问，如用户名 admin，密码 admin，密码可在登录后修改。

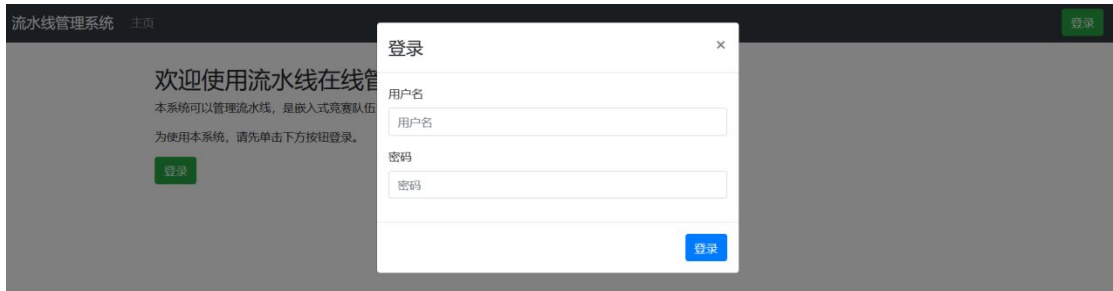


图 3.13 登录效果图

登录后进入控制页面，当用户单击按钮时，浏览器以 AJAX 形式向服务器发送 GET 请求，服务器收到请求后向流水线的 TCP 连接中发送控制信号，随后向浏览器返回发送成功的消息，浏览器通过 JQuery 改变页面元素，产生“发送成功”的提示。该过程中，用户不会感到明显的卡顿。

浏览器端通过 AJAX 轮询向服务器反复查询不同物品的统计个数，以及服务器和流水线的连接情况，动态更新页面。用户也可单击页面上的“清空”和“刷新”按钮，手动清除当前数据或查询最新情况。根据轮询的周期长短，物品统计个数可能存在几秒的误差。

运行监控

物品0 0个	物品1 0个	物品2 0个
-----------	-----------	-----------

动作机构

若单击后设备无动作，请单击模式切换按钮：

模式切换：自动/手动

弹出器0 动作 复位	弹出器1 动作 复位	阻拦器 动作 复位	机械臂 下压 抬起
------------------	------------------	-----------------	-----------------

传送带和印章

传送带调速 停车 低速 中速 高速	使用印章 0号 1号 2号
----------------------	------------------

机械臂姿态设置(设置0~100)

下压姿态 底部 48 中部 5 前部 33 设置	抬起姿态 底部 48 中部 20 前部 33 设置
---	--

图 3.14 主界面效果图

三、屏幕与按钮模块

如图，初始时，模式设置为自动；按下按钮后，模式变为手动。按钮的检测周期为 200ms。当 ADC 读取值在 400~600 之间时，认为按下了右侧按钮；当 ADC 读取值在 200~400 之间时，认为按下了左侧按钮。



图 3.15 自动/手动模式切换效果图

屏幕上显示的各种信息如下，每一行内容之含义已在 2.2 节叙述。

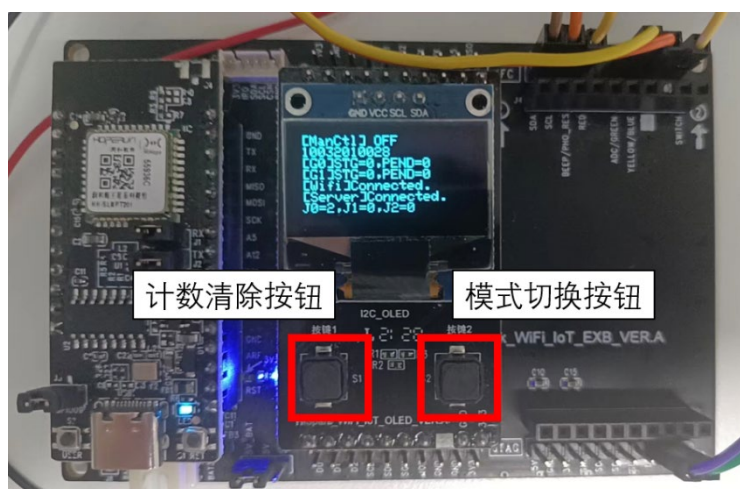


图 3.16 显示信息和按钮

第四部分 总结

4.1 可扩展之处

本作品在形成过程中，通信主机和控制主机都仅使用了一台。但实际上，在设计过程中，也预留了多台控制主机的应用方式。如果硬件数量和经费增加，我们将可以测试多流水线和多控制主机的运行情况。

本作品目前所用流水线较短，可分类物品数量较少。通过对于硬件的升级、对于软件代码的调整和开发合适的上位机配置编辑程序，将能够使得可分类的物品高度自定义。

本作品所设计的微信小程序和云端程序各自独立，尚未打通。鉴于微信小程序和云端技术类似，为减少不必要的冗余设计，进一步提升互联互通程度，加强数据的安全性，微信小程序和云端程序可以共用同一个后端，并设计具有相同用户辨识特征的界面。

4.2 心得体会

在前期准备过程中，我们在安装 DevEco 环境即遇到问题，在客服帮助下得以解决。对于整个项目的开发任务划分，我们初定方案，并在开发的实际过程中不断调整，最终形成了“通信主机+控制主机”和“微信小程序+云端服务”的方案。在此过程中，由于嵌入式开发自身的限制和我们经验技能的不足，我们遇到了诸多障碍，例如编译和烧录速度慢、红外传感器数据采集和分析不便等，通过采取合理编写 gn 文件、合理输出调试信息等方法，我们逐步解决某些问题，并

在一定程度上缓解了流程上的不便之处,进而对于嵌入式物联网的开发有了更深的理解。

总体而言,通过本次作品设计与开发的锻炼,我们提升了学用新产品、阅读文档的能力,增进了需求分析、代码编写和开发测试的经验,培养了团队合作和沟通交流的意识,收获颇丰。

第五部分 参考文献

- [1] 平欣. 基于微信小程序的智能轮椅监控系统的设计与实现[D]. 盐城工学院, 2023. DOI:10.44381/d.cnki.gycit.2023.000059.
- [2] 康雪峰. 基于 SHEPWM 的交流调速系统多模式脉宽调制方法研究[D]. 大连交通大学, 2020. DOI:10.26990/d.cnki.gsltc.2020.000071.
- [3] 矫健,袁星才,冯文文. 基于条码扫描技术的配送签收系统设计与实现[J]. 物流科技, 2019, 42(03):66-69+90.DOI:10.13714/j.cnki.1002-3100.2019.03.016.
- [4] 梁世豪. 多自由度机械臂离线与在线运动规划方法研究[D]. 浙江大学, 2023. DOI:10.27461/d.cnki.gzjdx.2023.000036.
- [5] 黄雪琪. 单片机对多舵机控制方式的探究拓展[J]. 中国设备工程, 2021, No.465(03):128-130.
- [6] 杜云松,郑继有. 红外测距技术在采煤机截割控制系统中的应用[J]. 煤炭技术, 2021, 40(07):167-169.DOI:10.13301/j.cnki.ct.2021.07.047.
- [7] 李晓东,田成元. 基于 PLC 的运料传送带的控制系统设计[J]. 电子测试, 2021, No.457(04):23-24+34.DOI:10.16520/j.cnki.1000-8519.2021.04.008.
- [8] 李健超. 自动化流水线生产中计算机控制技术的应用[J]. 科技风, 2019, No.384(16):77.DOI:10.19392/j.cnki.1671-7341.201916068.
- [9] 郑双双,刘兴辉,张文婧等. 一种具有自校准、自控制功能的 I2C 接口电路[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2023, 46(05):641-645.
- [10] 钟辉宏. 基于 LwIP 的航姿参考系统通信技术研究[D]. 成都理工大学, 2020. DOI:10.26986/d.cnki.gcdlc. 2020.000629.

第六部分 附录

海思赛道要求作品开源。本作品所有代码均已上传于 Github, 遵循 GPL 3.0 许可证。网址为: <https://github.com/fmy-xfk/2023-ec-10410>

此处不再单独列出本作品的源代码。