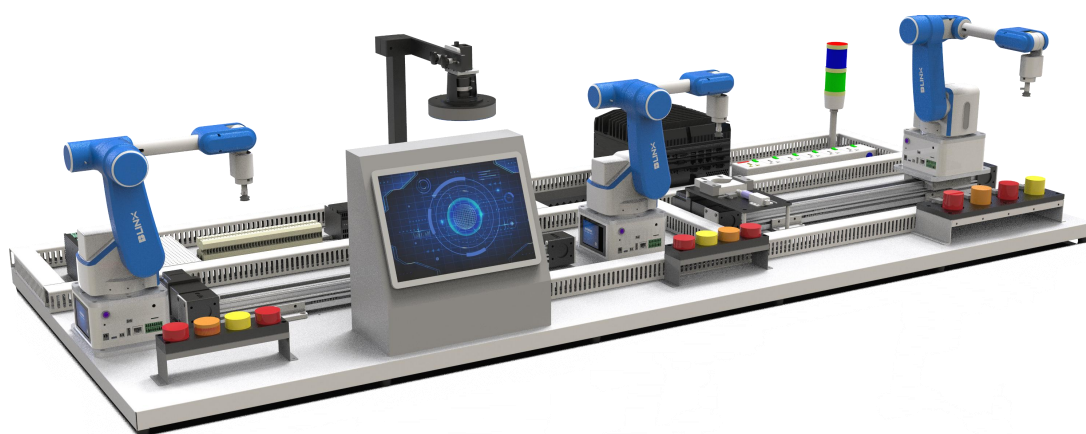


桌面式智能制造生产线及数字孪生系统

产品介绍



目 录

一、面向专业和课程	1
二、产品概述	1
三、产品功能和特点	2
1. 开放性实验环境	2
2. 开放全部源代码	3
3. 图形化交互软件	3
4. 机器视觉和目标识别算法	4
5. 机器人手眼标定	5
6. 基于视觉的机器人应用	5
7. 智能制造系统集成	6
四、产品主要硬件参数	6
1. 六轴机器人	6
2. 机器视觉系统	7
3. PLC 控制系统	8
4. 输送线	9
5. 运算单元	10
五、数字孪生系统	10
1. 简要介绍	10
2. 系统特点	11
3. 系统操作基本步骤	12
六、实验（训）项目	13
1. 课程资源	13
2. 机器视觉软件算子	15
七、综合实训	16
1. 电子设备组装与调试	16
2. 设计编程与参数配置	16
3. 生产过程数智化应用	16
4. 数据采集与可视化应用	16
5. 电子设备数智化运维	16

一、面向专业和课程

面向专业：智能制造、机器人工程、自动化、机电等专业

适用课程：机器视觉、机器人原理与应用、基于视觉的机器人控制、PLC 电气控制、机电一体化系统设计、智能工厂集成技术、数字孪生技术

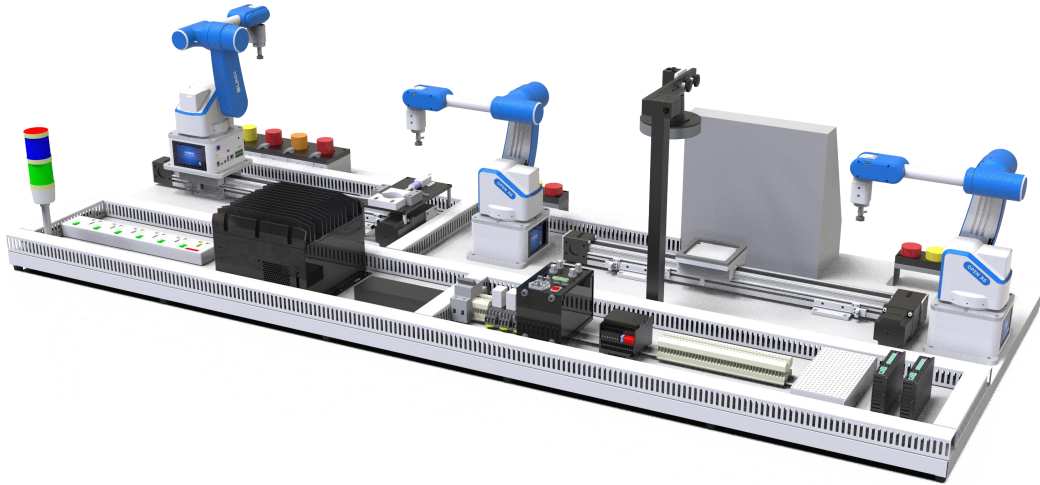
二、产品概述

智能制造是智能机器与人类专家人机协作的一体化智能系统，既有个体制造单元的自主性，又有系统整体的自组织能力，是未来制造业发展的重大趋势和核心内容。本生产线采用 3 台六轴机器人、2 套输送系统、1 套视觉系统、1 套 PLC 电气控制系统，以微波炉磁环组装生产线上的机器人上料、视觉检测与引导、机器人组装、搬运、入库、仓储管理等应用场景，以智能制造产线电子设备装调、数据监测、生产管控与运维为实施目标，可以完成电子设备组装与调试、设计编程与参数配置、数据采集与可视化应用、生产过程数智化应用、电子设备数智化运维等多项实训任务。

在此基础上，采用 Solidworks 软件的虚拟调试模块，开发了数字孪生系统，从而形成了一套完善的创新型数字化解决方案。用户可以根据需要选择该模块。

如下图所示，生产线长宽为 2m×1m，在硬件组成上，主要包含机器人上料单元、视觉检测与引导单元、机器人组装单元、机器人下料单元、仓储单元，以及 PLC 控制系统、HMI 触摸屏、光电传感器、继电器、输送线、气缸、交换机、计算机等模块。





产品简要介绍如下：

1. 满足机器人原理与应用、机器视觉、PLC 电气控制、机电一体化系统设计、智能工厂集成技术等课程或知识点的教学；
2. 生产线平台包含机器人、视觉系统、PLC 系统、输送线和多组传感器，采用一体化设计，整套系统可直接摆放于桌面上操作；
3. 与大型智能制造生产线的功能相似，但建设成本仅为后者的 10%左右，可使用较低的成本，满足多人分组教学的要求；
4. 融合了机器视觉、机器人控制、视觉与机器人协同、生产线运动控制等多种技术；
5. 提供图形化交互视觉软件，功能图标直观易懂，采用拖拽式操作，适合快速进行视觉应用的开发；
6. 内置的 AI 和视觉算法库包括物体分类识别、目标检测、缺陷检测、OCR 字符识别、尺寸测量等多种案例，满足基础应用与开发教学；
7. 支持多种类机器视觉、机器人、复杂传感器与智能控制等关键技术的组合实验，可支持多种不同模块同时联动实验。

三、产品功能和特点

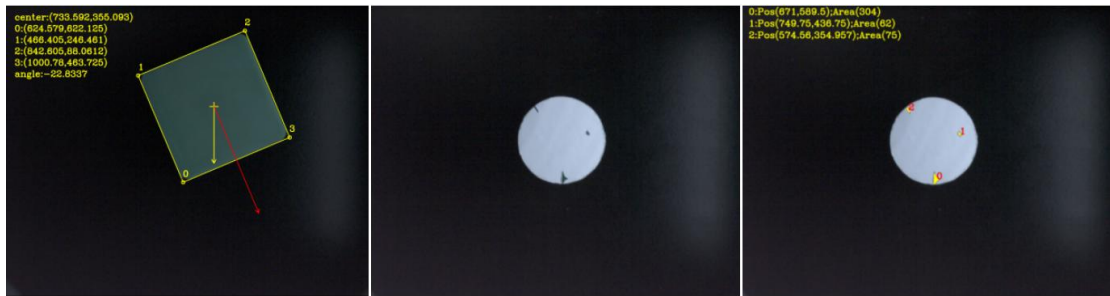
1.开放性实验环境

- (1) 集成 Python、OpenCV 等运行环境，支持数字图像处理、机器视觉等算法、硬件、应用的开发和学习；
- (2) 提供实验所涉及的 OpenCV 图像处理函数的所有接口和使用说明，既可

通过配置参数实现对图像的特定处理,也可新建不同的视觉项目,进行二次开发;

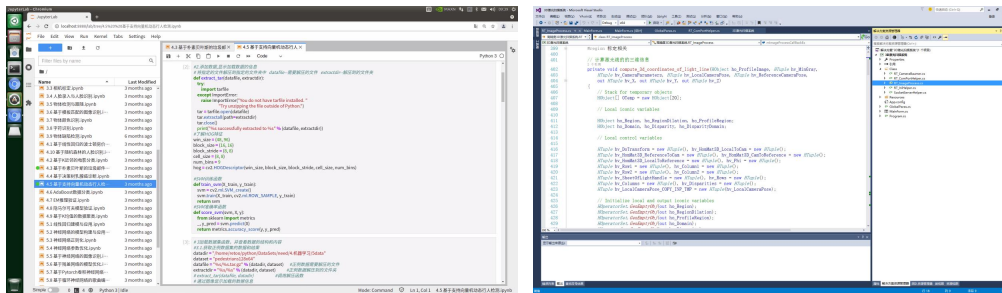
(3) 内置的视觉软件和功能库包括物体分类识别、目标检测、OCR 字符识别、缺陷检测,满足基础应用与开发教学;

(4) 支持对生产线上的目标尺寸测量、缺陷检测、产品分类等应用进行开发,开展企业级实战训练。



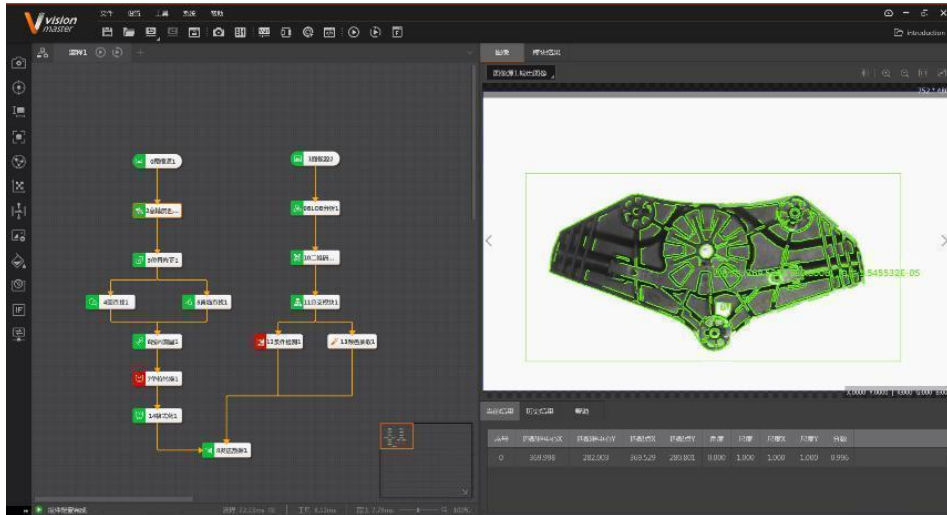
2.开放全部源代码

开放全部软件框架和算法级源代码,支持二次开发,提供完善的实验指导书和技术文档,并提供产品相关软硬件的架构与设计方法文档。



3.图形化交互软件

2D 机器视觉软件采用海康威视 Vision Master 视觉软件,图形化交互界面,功能图标直观易懂,采用拖拽式操作,可快速搭建视觉方案,模块运行状态独立标识,实时显示。



主要技术参数和特点如下：

(1) 包含近千个图像处理算子和多种交互式开发工具，包含 130+ 个模块工具，支持多种操作系统和图像采集硬件设备；

(2) 用户可以根据需求创建视觉方案，还可以自定义运行界面，满足个性化需求；

(3) 兼容 GigE Vision 和 USB3 Vision 协议标准，可以接入多种品牌的相机，支持本地图像处理 and 相机数据图像处理；

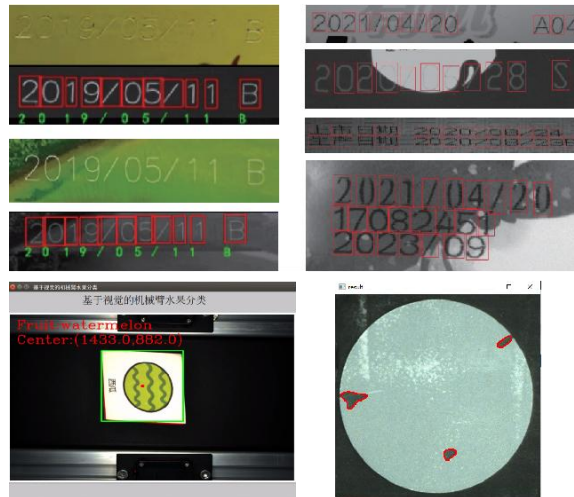
(4) 二次开发简单易上手，通过简化后的接口可以节省 90% 的代码量，新增的控件可一键导入 Visual Studio 中，可嵌 QT, MFC, WPF 和 WinForm 的界面开发中；

(5) 支持用户自定义模块开发，用户可将自定义算法封装为 VM 模块后直接拖拽使用；

(6) 支持 TCP/IP, ModBus, 串口, UDP, Ethernet/IP 等常见工业通信协议，能兼容主流 PLC 型号的通讯。

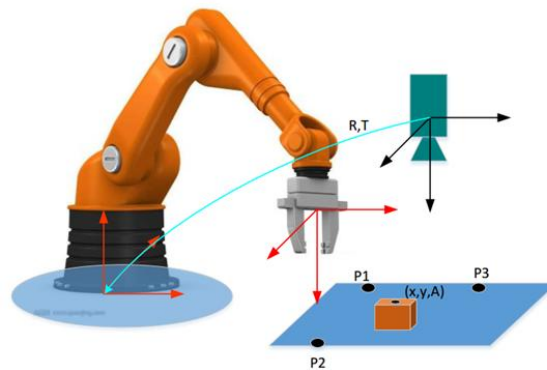
4. 机器视觉和目标识别算法

采用开源的 OpenCV 视觉库进行相关算法的开发，可进行字符识别、物体识别、目标检测、缺陷检测等，广泛应用于智慧工厂、智慧物流等场景。



5. 机器人手眼标定

为机器人引入视觉系统，使得机器人可进行自主的、智能化的运动，完成如垃圾分类、物流搬运、码垛、物体分拣等功能。



6. 基于视觉的机器人应用

机械臂与视觉系统结合，可以对不同尺寸、外观的目标进行识别，开展目标分拣、智能码垛、物体识别、字符识别等多种基础实训项目，从而模拟生产线上的真实产品检测场景。



7. 智能制造系统集成

本产品集成有 3 台六轴机器人、2 条输送线、1 套视觉系统，以及多组传感器，所有组件均采用主流的通讯协议完成通讯，可以完成上料、输送、视觉自主组装、视觉检测、下料等典型智能制造场景的全流程动作。



四、产品主要硬件参数

1. 六轴机器人

六轴机器人配置 3 台，该型机器人完全开放底层运动学正逆解控制算法，有助于用户学习机械臂的关节控制原理。同时，提供多个拓展接口，支持视觉、语音、多种末端执行器、传送带等各类外设模块的接入，实现物体抓取、视觉协同、人机交互、自动教学演示等多种功能，可快速满足教学、科研等需求。



主要技术参数和特点如下：

序号	类型	技术参数
1	基础参数	(1) 轴数: 6; (2) 最大负载: 1kg; (3) 工作范围: 410 mm; (4) 重复定位精度: $\pm 0.1\text{mm}$; (5) 净重: 4.8Kg; (6) 底座尺寸: 170mm \times 135 mm。
2	轴运动参数 (负载 500g 时)	(1) J1: $\pm 130^\circ$, 最大速度: $45^\circ / \text{s}$ (2) J2: $-80^\circ \sim +90^\circ$,最大速度: $45^\circ / \text{s}$ (3) J3: $-85^\circ \sim +40^\circ$,最大速度: $45^\circ / \text{s}$ (4) J4: $-160^\circ \sim +160^\circ$,最大速度: $45^\circ / \text{s}$ (5) J5: $-192^\circ \sim +15^\circ$,最大速度: $27^\circ / \text{s}$ (6) J6: $\pm 179^\circ$,最大速度: $45^\circ / \text{s}$
3	通信接口	USB/WiFi/Bluetooth/RJ45;

2. 机器视觉系统

机器视觉系统配置 1 套, 采用标准工业级视觉系统, 包括工业相机、镜头、LED 光源、光源控制器等, 通过视觉支架进行集成, 为所有的目标检测、分析和处理提供实验的硬件环境。

视觉系统结构如下:



视觉系统主要技术参数如下:

序号	图片	技术参数
1		(1) 600 万像素 1/1.8" CMOS 千兆以太网工业面阵相机; (2) 分辨率: 3072 \times 2048; (3) 帧率: 17 fps;

		<p>(4) 动态范围：71.3dB；</p> <p>(5) 增益：0dB~20dB；</p> <p>(6) 曝光时间：27 μs~2.5sec；</p> <p>(7) 黑白/彩色：彩色；</p> <p>(8) 接口：GiGE。</p>
2		<p>(1) 固定焦距、手动光圈、六百万像素、FA镜头；</p> <p>(2) 焦距：12mm；</p> <p>(3) F 数：F2.8~F16；</p> <p>(4) 接口类型：C-Mount；</p> <p>(5) 视场角：1/1.8”。</p>
3		<p>(1) LED 类型：贴片 LED；</p> <p>(2) 颜色：白色；</p> <p>(3) 色温：6600K；</p> <p>(4) 功率：14.4W；</p> <p>(5) 输入电压：DC 24V max.；</p> <p>(6) 外壳材质：铝合金（表面氧化发黑处理）；</p> <p>(7) 使用温度和湿度：温度：0~40℃，湿度：20~85%RH(非凝结)；</p> <p>(8) 配套光源控制器。</p>

3.PLC 控制系统

PLC 控制系统采用国产汇川品牌的 Easy521 系列 PLC，如下图所示，用于生产线相关电子设备的数据监控，以及输送线、传感器、气缸等的运行控制。

其中，触摸屏采用威纶通品牌的人机交互触摸屏幕，通过与其他相关的硬件设备结合，实现生产线的数据采集、处理和控制的任任务。

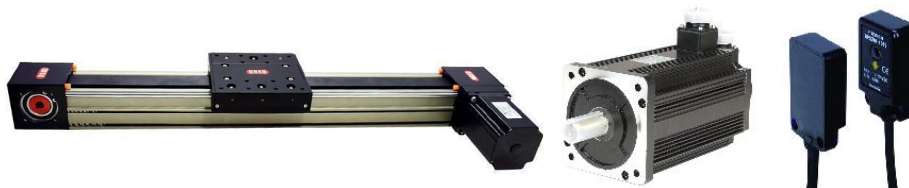


主要技术参数如下：

序号	设备	技术参数
1	PLC	<p>(1) 程序数据容量：200K 步用户程序 2MByte 自定义变量，其中 128kByte 支持掉电保持约 150K 软元件，编号 1000 以后支持掉电保持；</p> <p>(2) 以太网：支持 EtherNet/IP、MODBUS TCP、Socket，程序上下载和固件升级；</p> <p>(3) 串行通信：最多可支持 3 路（主单元支持 1 路，扩展卡可扩展 2 路）；</p> <p>(4) CAN 通信：通过扩展卡可支持 1 路主站，最多接入 63 个从站；</p> <p>(5) EtherCAT：支持 1 路，最大 72 从站；</p> <p>(6) 拓展模块：最多可支持 16 个本地扩展模块；</p> <p>(7) 指令速度：20k/步/1.6ms。</p>
2	触摸屏	<p>(1) 显示器：7" TFT；</p> <p>(2) 分辨率：800×480；</p> <p>(3) 亮度(cd/m²)：300；</p> <p>(4) 背光类型：LED；</p> <p>(5) 背光寿命：>30,000h；</p> <p>(6) 触控精度：动作区长度(X)±2%，宽度(Y)±2%；</p> <p>(7) 闪存(Flash)：128MB；</p> <p>(8) 内存(RAM)：128MB；</p> <p>(9) 处理器：32-bit RISC600MHz。</p>

4. 输送线

输送线采用 2 套直线滑台模组，上方安装有步进电机、接近传感器、光电传感器，通过 PLC 接入计算机，实现对两条模组分别的启动、停止、暂停等控制，以及与视觉系统的协同等的控制，从而完成集成化系统运行时的全流程动作。



主要技术参数和特点如下：

(1) 长度：500mm； 导程：75mm； 最大负载：5kg； 直线速度：0-1.5m/s；
重复定位精度：±0.05mm； 电机连接方式：直连或变速； 重量：2kg；

(2) 数量：2 条。

5.运算单元

采用工业级结构,体积小,外形紧凑,安装 windows 系统,集成 C++、OpenCV 等运行环境,支持数字图像处理、机器视觉、电气控制等硬件或应用的开发和学习。



主要技术参数和特点如下：

(1) 处理器：酷睿 i5； 内存：8G 工控内存； 硬盘：256G 固态硬盘； 网口：
双千兆网口；

(2) 支持海康威视 Vision Master 视觉软件，采用图形化交互界面，拖拽式操作能快速搭建视觉方案，满足机器视觉应用领域中定位、测量、识别、检测等需求；

(3) 集成 C++、OpenCV 等运行环境，支持机器视觉、机器人控制等算法、
硬件、应用的开发和学习；

(4) 内置的软件库包括物体分类识别、目标检测、缺陷检测、尺寸测量等，
满足基础应用与开发教学；

(5) 支持多种类机器视觉、机器人、复杂传感器与智能控制等关键技术的
组合实验，可支持多种不同模块同时联动实验。

五、数字孪生系统

1.简要介绍

该数字孪生系统是专为桌面式智能制造生产线打造的一套创新型数字化解决方案，系统借助 SolidWorks 虚拟调试模块的强大功能，实现了对真实生产线

的高精度数字化映射与模拟。

通过数字孪生系统，用户能够在虚拟环境中全方位、沉浸式地观察和了解生产线的每一个细节与运行流程。从机械臂的精准动作轨迹到视觉系统对零部件的准确识别，再到 PLC 对整个生产线逻辑控制的模拟，以及传送带的物料输送模拟，都能以高度逼真的形式呈现出来。这不仅为生产线的设计、调试、优化等阶段提供了有力的辅助工具，同时也为操作人员的培训、故障预测与排查等方面带来了极大的便利。

以下为 SolidWorks 虚拟调试模块的逻辑拓扑图：



2. 系统特点

(1) 高精度物理映射

借助 SolidWorks 强大的建模能力，数字孪生系统对桌面式智能制造生产线的各个组件进行了极为精细的建模。机械臂的每一个关节、视觉系统的镜头及传感器、PLC 的模块布局以及传送带的结构等，都与实际物理设备保持高度一致，确保了虚拟模型能够准确反映真实生产线的外观与内部构造，为后续的模拟分析奠定了坚实基础。

(2) 真实运行模拟

系统能够完整模拟生产线的实际运行过程。机械臂可以按照预设的程序在虚拟环境中精确地完成抓取、搬运、装配等动作；视觉系统能够模拟对不同形状、颜色、材质的零部件进行识别和定位；PLC 可以控制各个设备之间的协同工作；传送带则可模拟物料的稳定输送，实现了从原材料输入到成品输出的全流程虚拟

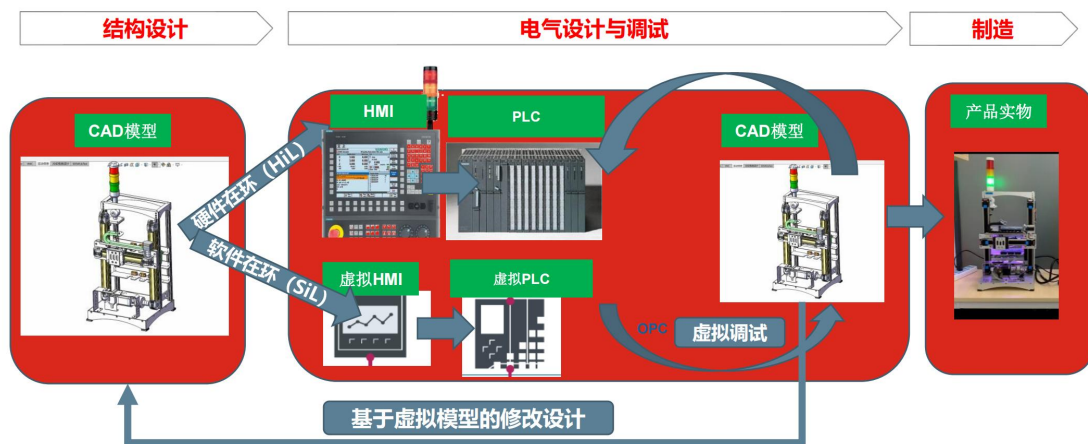
运行，让用户仿佛置身于真实的生产场景之中。

(3) 实时数据同步

与实际生产线建立了实时的数据连接通道，能够实时获取生产线各设备的运行参数，如机械臂的关节角度、速度，视觉系统的识别准确率、处理时间，PLC 的输入输出信号状态，传送带的运行速度、负载等。这些实时数据在数字孪生系统中同步更新并可视化展示，使得用户可以及时了解生产线的实际运行状况，便于进行实时监控与分析决策。

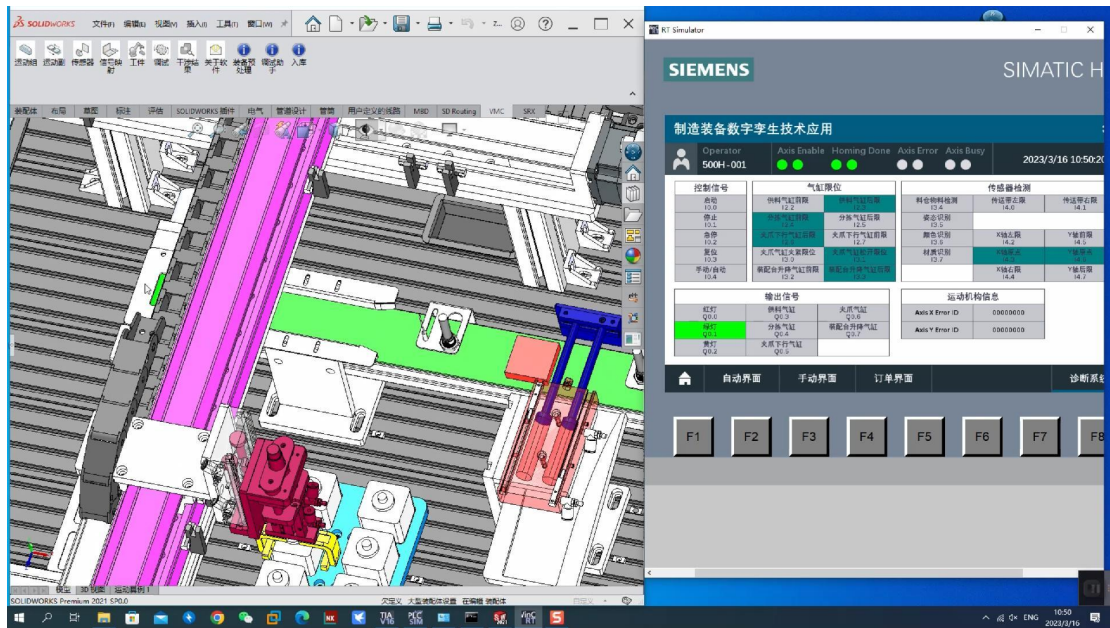
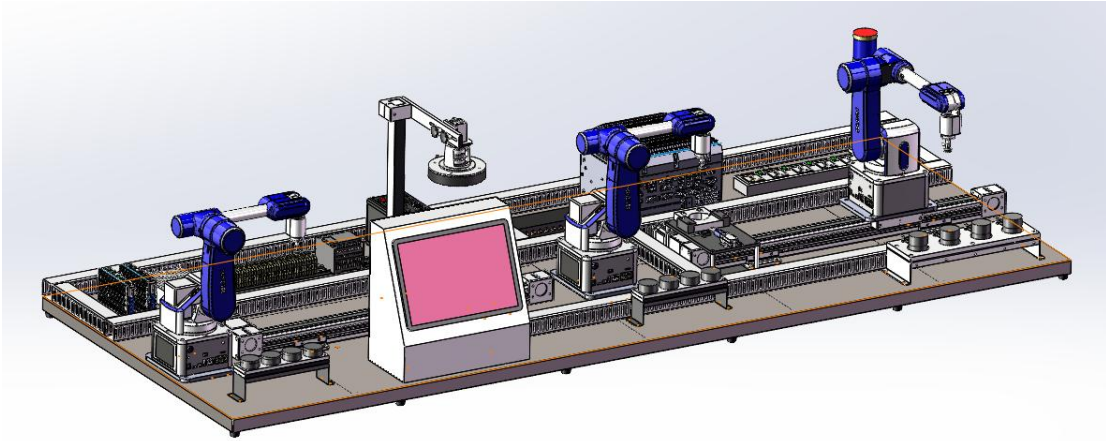
(4) 学习便捷性

为教师和学生提供了一个安全、高效且无成本的学习环境，可以在数字孪生系统中反复进行生产线的操作练习，熟悉机械臂的操作流程、视觉系统的使用方法、PLC 的控制逻辑以及传送带的启停操作等，无需担心在实际生产线上因操作失误而造成设备损坏或生产事故，有效提高了学习效率和质量。



3. 系统操作基本步骤

- (1) 在创建或使用数字孪生系统时，通常按照以下步骤执行：
- (2) 打开 Solidworks 装配模型，如桌面式智能制造生产线；
- (3) 创建传感器、运动副、运动组等；
- (4) 进行传感器、控制信号绑定；
- (5) 通过控制程序的编辑修改，调整机械臂转动，输送线平动，气缸触发等动作；
- (6) 检测过程是否干涉，动作是否合理；
- (7) 记录节拍时间，寻找最佳方案。



六、实验（训）项目

1.课程资源

序号	类别	课程资源
1	机器人原理与应用	(1) 六轴机器人机械结构组成 (2) 六轴机器人核心零件认知 (3) 机器人不同坐标系的变换与应用 (4) 机器人直线、曲线、圆形、方形等轨迹编程 (5) 机器人搬运编程 (6) 机器人码垛编程 (7) 机器人拆垛编程 (8) 机器人抓取、分拣练习

2	机器视觉	<ul style="list-style-type: none"> (1) 视觉系统认知 (2) 像素尺寸测量 (3) 物体定位和角度测量 (4) 边缘长度测量与面积检测 (5) 物体颜色和形状识别 (6) 条码和二维码识别 (7) OCR 字符分割、训练 (8) OCR 字符识别 (9) 基于形态学处理的产品表面缺陷检测 (10) 相机棋盘格标定 (11) 基于 opencv 的车牌识别 (12) 基于模板匹配的电子产品识别 (13) 基于视觉的车牌识别 (14) 基于视觉的条形码识别 (15) 基于视觉的二维码识别 (16) 基于视觉的物体形状颜色识别 (17) 基于视觉的水果识别 (18) 基于图像的 NanoDet 目标检测模型实践 (19) 基于视觉的工件缺陷检测 (20) 基于视觉的证件识别
3	基于视觉的机器人应用	<ul style="list-style-type: none"> (1) 机器人认知和基础操作 (2) 机器人示教和运动控制 (3) 机器人与视觉系统标定 (4) 基于视觉的机器人目标分类 (5) 基于视觉的机器人物体码垛 (6) 基于视觉的机器人数字排序 (7) 基于视觉的机器人水果分类
4	机器人柔性制造系统集成	<ul style="list-style-type: none"> (1) 机器人搬运码垛工作站系统集成 (2) 机器人自动化生产线系统集成 (3) 基于视觉的智慧分拣系统集成 (4) 多机器人协作动态装配与检测实训 (5) 智能制造系统集成与设计
5	数字孪生系统实训	<ul style="list-style-type: none"> (1) 数字孪生模型设置与调试 (2) HMI 界面设计与编程调试 (3) PLC 编程应用与调试 (4) 虚拟 HMI 与虚拟 PLC 编程调试 (5) 上料单元虚实同步调试 (6) 输送单元虚实同步调试 (7) 装配单元虚实同步调试

		(8) 传感单元虚实同步调试 (9) 仓储单元虚拟调试
--	--	--------------------------------

2. 机器视觉软件算子

序号	类别	视觉模块与工具
1	图像采集	图像源、多图采集、输出图像、缓存图像、光源
2	视觉定位	高精度匹配、快速匹配、灰度匹配、图形定位、圆查找、直线查找、BLOB 分析、卡尺工具、边缘查找、间距检测、位置修正、矩形检测、顶点检测、边缘交点、平行线查找、四边形查找、直线查找组合、多直线查找、路径提取、Blob 标签分析
3	视觉测量	线圆测量、圆圆测量、点圆测量、点线测量、线线测量、点点测量、圆拟合、直线拟合、亮度测量、像素统计、直方图工具、几何创建
4	视觉识别	二维码识别、条码识别、字符识别、DL 字符识别 G/C、DL 读码 G/C、DL 字符定位 G/C
5	视觉标定	标定板标定、N 点标定、标定转换、单位转换、畸变标定、畸变校正、映射标定、N 图像标定
6	视觉对位	相机映射、单点对位、点集对位、线对位
7	图像处理	图像组合、形态学处理、图像二值化、图像滤波、图像增强、图像运算、清晰度评估、图像修正、阴影校正、仿射变换、圆环展开、拷贝填充、帧平均、图像归一化、图像矫正、几何变换、图像拼接、多图融合
8	颜色处理	颜色抽取、颜色测量、颜色转换、颜色识别
9	缺陷检测	字符缺陷检测、圆弧边缘缺陷检测、直线边缘缺陷检测、圆弧对缺陷检测、直线对缺陷检测、边缘组合缺陷检测、边缘对组合缺陷检测、边缘模型缺陷检测、边缘对模型缺陷检测、缺陷对比

10	逻辑工具	条件检测、分支模块、分支字符、文本保存、逻辑、格式化、变量计算、字符比较、脚本、Group、点集、耗时统计、数据集合、协议解析、协议组装
----	------	--

七、综合实训

1. 电子设备组装与调试

完成机器人系统、视觉系统、PLC 控制系统、输送线、上料机构、产品组装平台、光电传感器、继电器、交换机等电子设备和机电部件的组装，并在生产线上完成以上所有设备的安装部署、供电和网络连接、参数配置和功能调试。

2. 设计编程与参数配置

完成 HMI 界面设计、PLC 与 HMI 编程、电子设备参数设置，实现对电子设备的数据监测或自动控制。

3. 生产过程数智化应用

完成各类不同工业网络协议的传感、控制等电子设备的数据采集；并完成人机操作界面的页面布局、数据接入、数据录入及展示等工业数据的可视化开发工作。

4. 数据采集与可视化应用

搭建制造执行系统（MES）运行环境，完成系统的安装、部署、调试；配置制造执行系统（MES），实现对电子设备状态的数据监控；根据制造执行系统（MES）记录的生产数据进行分析，完成生产管控建议报告。

5. 电子设备数智化运维

结合电子设备状态监测数据，对设备上指定模块进行故障排除，按要求写出故障解决方法并编写核心电子设备保养手册；基于智能传感器的数据观察与诊断结果，结合预测性维护等新技术，提出智能制造产线电子设备的预测性运维建议。