

多轴运动控制系统实训平台 (AUBO-IMT-MCP)



遨博方源（北京）科技有限公司

2021-04-15

目录

1.产品概述.....	1
2.整体参数.....	1
3.主要模块组成.....	2
3.1 运动控制模块.....	2
3.2 手持移动示教器.....	3
3.3 伺服驱动器及电机.....	3
3.4 电源控制模块.....	4
3.5 外设扩展模块.....	4
4.平台软件及二次开发.....	5
4.1 运动控制系统开发软件.....	5
4.2 机器人仿真工具.....	6
4.3 用户编程二次开发.....	7
5.产品配置参数.....	7
6.课程及实训.....	9

1.产品概述

工业机器人作为自动化程度很高的机电一体设备，是先进制造产业以及工业自动化的重要组成环节，在社会生产中有着很重要的地位。控制系统是工业机器人的核心，对工业机器人理论的发展与应用研究的推广具有深远意义。因此研究设计一套高效、高控制精度且开放性好的控制系统十分必要，本实训平台从控制算法以及系统开放性两方面出发，针对六轴工业机器人，设计了一套开放性良好的控制系统，为工业机器人控制系统领域的进一步研究打下基础。



本实训平台主要由电源控制模块、运动控制器模块、外设扩展模块、手持移动模块和伺服电机模块构成。平台通过运动控制模块对 6 台伺服驱动电机进行运动控制，并且每个伺服电机均连接有运动指针表盘，能够直观观察控制系统的实际控制效果，并配有手持示教器，可实现用户自定义开发控制系统操作界面。外设扩展模块预留了输入按钮/输出指示灯接口以及工业网络接口，进一步对运动控制系统的外部功能进行扩展。平台还可连接外部 PC 实现程序的开发和实验效果的监控。平台结构紧凑、拆卸方便，便于操作，是一套工业机器人运动控制领域综合性较强的教学与实训设备，学生可通过本实训平台可进行多种与工业机器人轴运动控制相关的实训学习。

2.整体参数

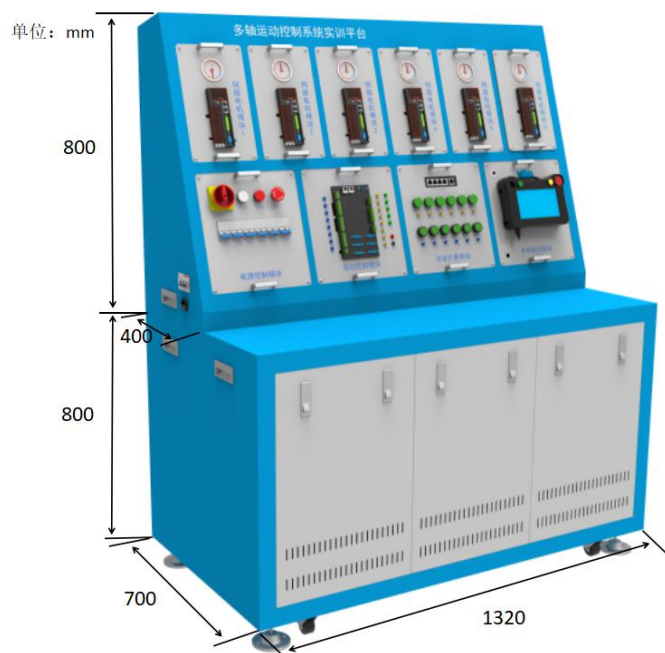
输入电源：220V $\pm$ 10% 50Hz

工作环境：温度-10℃ $\sim$ +40℃ 相对湿度 $\leq$ 85%（25℃） 海拔 $<$ 4000m

装置容量： $<$ 1.5kVA

平台尺寸：1320mm（L） $\times$ 1600mm（H） $\times$ 700mm（W）

安全保护：具有漏电保护，安全符合国家标准

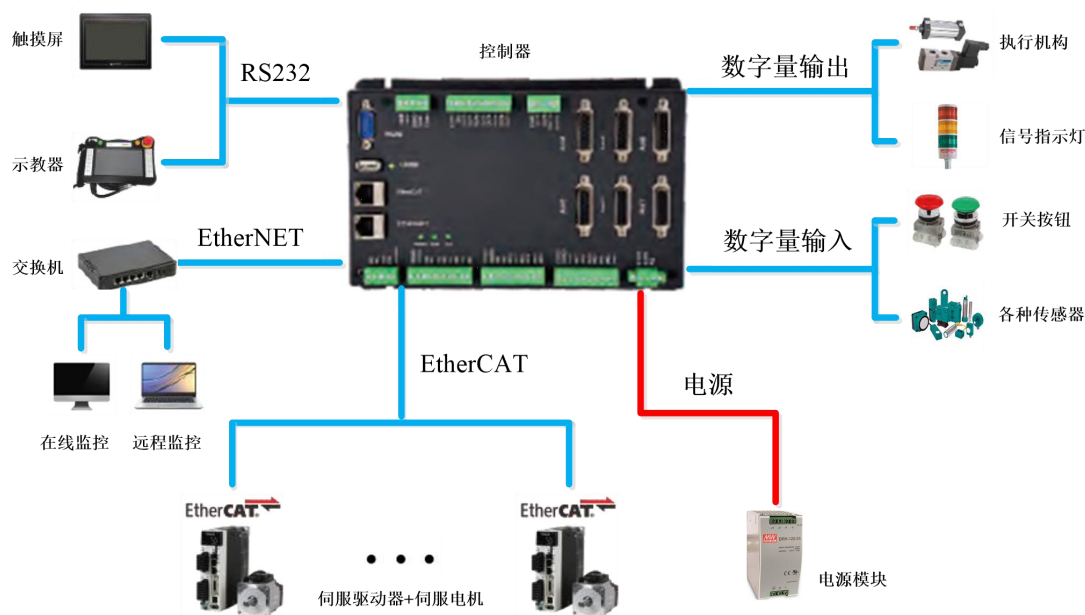


平台外观尺寸

3.主要模块组成

3.1 运动控制模块

实训平台的控制核心是一款总线型运动控制器，支持 EtherCAT 总线连接，支持最快 500us 的刷新周期，支持最多达 32 轴运动控制，支持直线插补、任意圆弧插补、空间圆弧、螺旋插补、电子凸轮、电子齿轮、同步跟随、虚拟轴设置等。采用优化的网络通讯协议可以实现实时的运动控制。用户可以通过控制器编辑控制程序指令控制伺服驱动器，间接驱动伺服电机完成对各伺服电机的运动控制。该控制器与伺服驱动器之间的数据指令传输使用 EtherCAT 网络通讯，控制器数字量输入输出端子设计有快速接线香蕉头接口，可以快速进行控制系统的外部设备扩展，EtherNET 接口还可以实现用户的远程或在线控制。



多轴运动控制系统架构图

- 最多达 32 轴运动控制（6 脉冲轴+ECAT 轴/编码器轴/虚拟轴）
- 脉冲轴输出模式：方向/脉冲或双脉冲
- ECAT 最快 500us 的刷新周期
- 支持编码器位置测量，可以配置为手轮输入模式
- 每轴最大输出脉冲频率 10MHz
- 通过 EtherCAT 总线，最多可扩展到 4096 个隔离输入或输出口
- 轴正负限位信号口/原点信号口可以随意配置为任何输入口
- 输出口最大输出电流可达 300mA，可直接驱动部分电磁阀
- U 盘接口、RS485 接口、以太网接口
- 支持最多达 16 轴直线插补、任意空间圆弧插补、螺旋插补、样条插补
- 支持电子凸轮、电子齿轮、位置锁存、同步跟随、虚拟轴等功能
- 支持硬件比较输出，硬件定时器，运动中精准输出
- 支持脉冲闭环，螺距补偿等功能
- 支持多文件多任务编程
- 多种程序加密手段，保护客户的知识产权
- 掉电检测，掉电存储

3.2 手持移动示教器

实训平台配置有一款开放式的带触摸屏功能的可编程示教器，示教器采用 24V 电源供电，带有一个 USB 口，正面带有 800×80 分辨率的真彩显示屏和 18 个物理按键，还配有急停按钮和模式选择开关。示教器可通过编程进行触摸屏界面和物理按键的用户自定义程序开发。

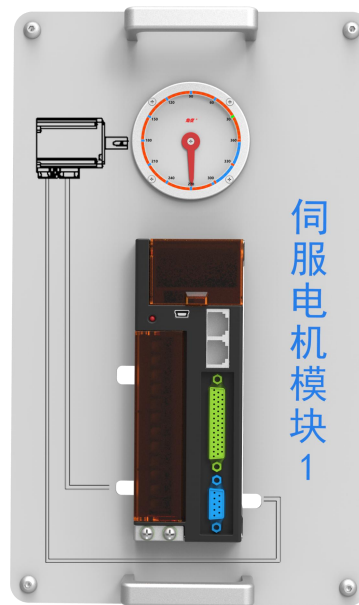


手持移动模块效果图

3.3 伺服驱动器及电机

实训平台的另一个重要组成部分是伺服系统。伺服系统包括伺服驱动器和伺服电机两部分，作为工业机器人本体的关节，是运动的执行者，是运动控制系统的重要组成部分。平台配置有 6 个伺服驱动电机模块，伺服驱动模块具有先进的精密控制算法，绝对值编码器分辨率达到 23bit，相当于 0.15 角秒，±20ns 同步抖动 15ns 同步误差，支持 EtherCAT 总线通讯方式，配线简单方便，总线型输入输出接口即插即用，多

轴协同通信技术，可支持 1ms 内同步 100 个轴，1.2kHz 速度环带宽，性能稳定可靠。电机末端还装有彩色运动旋转表盘，可实时直观反馈伺服的系统运动状态，方便用户进行控制结果验证。



伺服电机模块效果图

3.4 电源控制模块

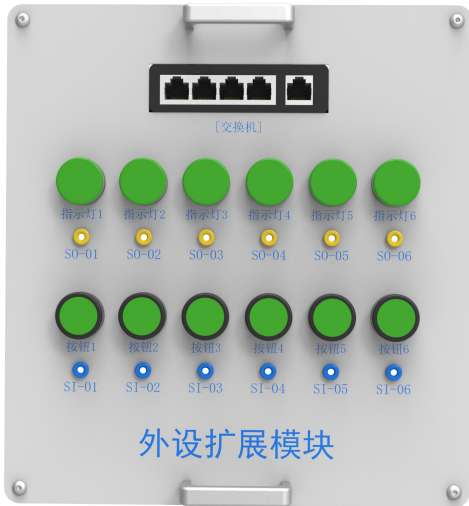
电源控制模块主要为实训平台提供动力电源，设有电源指示灯、故障指示灯和急停按钮，更直观的实时体现实训平台设备整体状态。伺服驱动器电源单独控制，方便用户进行控制实验，并保证设备安全。



电源控制模块效果图

3.5 外设扩展模块

外设扩展模块设有 6 个输入按钮和 6 个输出指示灯，方便用户对运动控制器 I/O 接口进行控制实训练习。还配有一个 5 口的工业级网络交换机，方便进行网络扩展，外接 PC 端和连接云平台服务。



外设扩展模块效果图

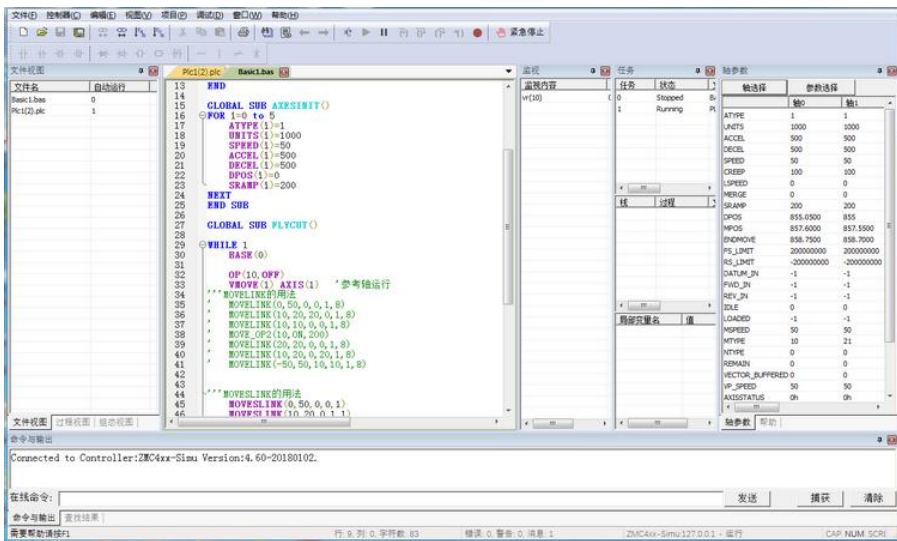
4.平台软件及二次开发

4.1 运动控制系统开发软件

运动控制系统拥有自主的开发环境，是一款很方便的编程、编译和调试软件，可实现 PC 端程序开发调试与诊断，通过它用户能够很容易的对控制器进行程序编辑与配置，快速开发应用，支持中英文环境。可以通过串口、485、USB 或以太网与控制器建立连接。开发软件支持三种编程方式：Basic、PLC 梯形图、HMI 组态。

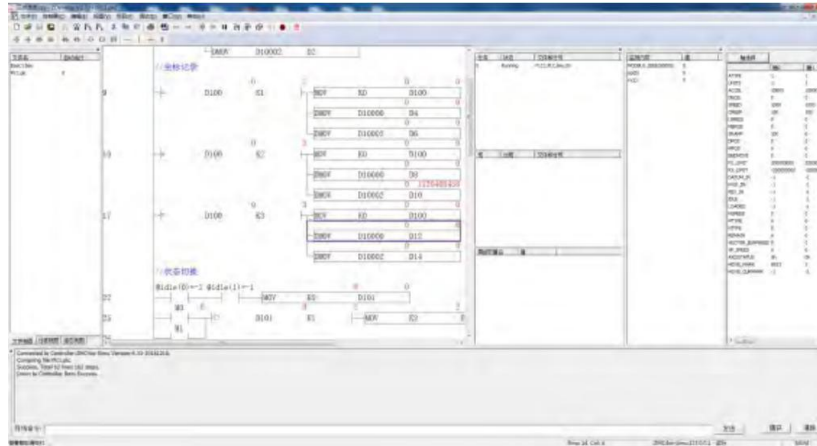
Basic 编程语言提供所有标准程序语法：变量、数组、条件判断、循环及数学运算。此外，扩展的 Basic 指令和函数提供广泛的运动控制功能，例如单轴运动，多轴的插补运动，轴的同步和异步运动，同时还有对数字和模拟 I/O 的控制。自定义 SUB 过程，可以把一些通用的功能编写为自定义 SUB 过程，方便程序编写和修改，Basic 同时支持 G 代码形式的 SUB 过程。支持全局的变量，数组和 SUB 过程，文件模块变量、数组、和 SUB 过程、以及局部变量（LOCAL）。

Basic 具有实时多任务特性，多个 Basic 程序可以同时构建并同时运行，使得复杂的应用变得简单易用。Basic 支持中断程序，例如掉电中断，通过掉电中断可以使得掉电的状态得到记录，以方便上电时恢复。



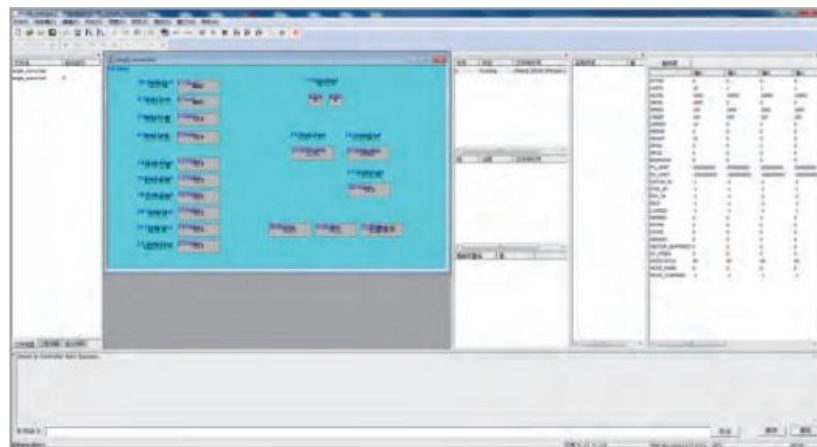
Basic 编程界面

运动控制器支持 PLC 语言，可以使用梯形图和语句表，与三菱 PLC 指令通用，熟悉 PLC 的客户可快速上手。支持与 Basic 语言进行联合编程。



PLC 编程界面

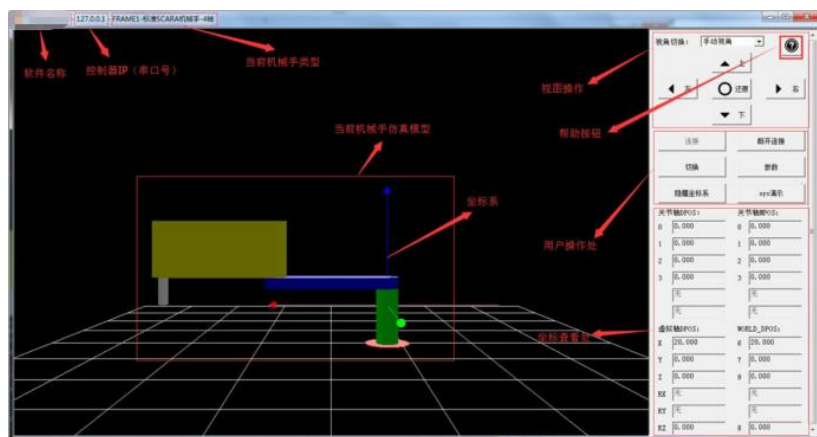
HMI 编程是在控制器上运行的组态环境，与 Basic 编程和 PLC 梯形图编程无缝连接，只需一次升级就可同时更新组态界面和控制器程序。



HMI 编程界面

4.2 机器人仿真工具

机器人仿真工具主要是用来模拟机器人轴关节的运动，可用于检查机器人程序及实际机器人在运行过程中不正确的地方，防止事故的发生。

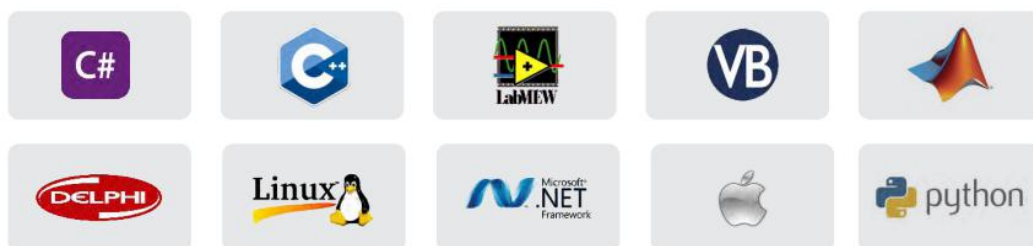


机器人仿真界面

- 支持 30+ 机器人 connframe/connreframe 正反解算法
- 支持标准 Delta，SCARA，6 关节机械手等
- 支持 SCARA+末端摆动轴、特殊 SCARA 等
- 支持 2 轴 Delta、垂直蜘蛛手等
- 支持旋转台、双旋转台、偏移旋转台、偏移双旋转台等
- 支持码垛机械手、特殊码垛，喷涂机械手等
- 支持 XY 滑台、旋转伸缩机械手、UVW 对位平台
- 支持 PC 上位机开发
- 支持机械手参数校正、奇异点规避等
- 支持机械手姿态调整、拐角平滑处理等

4.3 用户编程二次开发

应用程序支持多种开发语言，可以使用 VC、VB、VS、C++Builder、C#等软件来进行开发。



5. 产品配置参数

序号	名称	参数	数量
1	平台钣金外壳	平台整体尺寸：1320mm（L）×1600mm（H）×700mm（W） 整体平台可分为基座平台和功能平台两部分。基座平台底部安装 4 个万向轮及高度调节脚杯，两侧带有搬运把手，方便搬运。功能平台可直接放置在教学桌面使用，用于快速安装功能模块，带有漏电保护空气开关及标准品字形电源插座，接线符合国家安全标准。 基座平台尺寸：1320mm（L）×800mm（H）×700mm（W） 功能平台尺寸：1320mm（L）×800mm（H）×400mm（W） 外壳材质：钣金+喷塑表面处理 外观颜色：主体蓝色，柜门白色 工作电压：220V 50~60HZ	1 套
2	电源控制模块	模块尺寸：320mm（H）×298mm（W） 结构功能：上下两端带有把手，方便模块安拆搬运 旋转总开关：1 个 工作指示灯：1 个 故障指示灯：1 个 急停按钮：1 个 空气开关：6 个	1 套
3	运动控制模块	模块尺寸：320mm（H）×298mm（W）	1 套

		结构功能：上下两侧带有把手，方便模块安拆搬运 运动控制器参数： 控制基本轴数：6 个 最多扩展轴数：32 个 基本轴类型：ECAT+脉冲轴，共 6 个 内部 IO 数：24 进 12 出（带过流保护），每脉冲轴有 1 进 1 出 最多扩展 IO 数：512 进 512 出 脉冲位数：64 编码器位数：64 脉冲最高速率：10Mhz 每轴运动缓冲数：512 程序空间：2000KByte 电源输入：24V 直流输入 通讯接口：RS232，RS485，以太网，U 盘，CAN，EtherCAT 外形尺寸：205×135.25mm 特色功能：支持点位、直线、圆弧、电子凸轮控制模式、连续轨迹运动、机械手指令等	
4	伺服电机模块	模块尺寸：320mm（H）×192mm（W） 结构功能：上下两侧带有把手，方便模块安拆搬运， 伺服电机参数： 容量：中小容量 惯量：大惯量电机 额定功率 200W 额定转速 3000rpm 额定电压 220V 额定电流：1.7A 额定力矩：0.64N.M 运动表盘刻度范：0° -360° 伺服驱动器参数： 控制方法：IGBT PWM 空间矢量控制 面板操作器：LED 显示+按键 保护功能：过电流、过载、过电压、低电压、过速度、过热、编码器异常 通信异常、位置偏差过大等 控制模式：位置控制（CSP）、速度控制（CSV）、转矩控制（CST）、回零模式（HM） 连续输出电流：1.6Arms 最大输出电流：5.8Arms 通讯方式：EtherCAT 总线	1 套
5	外设扩展模块	模块尺寸：320mm（H）×298mm（W）	1 套

		结构功能：上下两端带有把手，方便模块安拆搬运 网络交换机：5 口 POE 供电：24V 输出指示灯接口：6 个， 输入按钮接口：6 个 接线方式：快速接线香蕉头	
6	手持示教器	模块尺寸：320mm（H）×298mm（W） 结构功能：上下两端带有把手，方便模块安拆搬运 示教器尺寸：165.5mm（H）×232mm（W） 供电方式：24V 通讯方式：网口 RJ45 屏幕分辨率：800×480 触摸屏：支持触摸 物理按键：18 个 支持自定义按键功能，支持触摸屏界面用户自定义编程	1 套
7	实训教学资源	提供课程资源及真实项目案例包，教学大纲，教学 PPT，教学实训指导手册	1 套

6.课程及实训

第一章 多轴运动控制系统开发平台认知
1.1 开发平台硬件组成
1.2 开发平台控制器认知
1.3 开发平台伺服驱动系统认知
1.4 开发平台辅助系统认知
1.5 开发平台软件认知
1.6 多轴运动控制系统应用——工业机器人
第二章 伺服系统运动控制设计
2.1 伺服运动控制原理
2.2 伺服运动分类及特点
2.3 单伺服运动控制程序设计
2.4 单伺服运动程序仿真测试
第三章 伺服系统同步运动（电子齿轮）设计
3.1 多伺服同步运动控制原理及应用
3.2 多伺服同步运动程序设计
3.3 多伺服同步运动程序仿真测试
第四章 伺服系统协同运动（电子凸轮）设计
4.1 多伺服协同运动控制原理及应用

4.2 多伺服协同运动程序设计
4.3 多伺服协同运动程序仿真测试
第五章 伺服系统直线插补运动设计
5.1 多伺服直线插补运动控制原理及应用
5.2 多伺服直线插补运动程序设计
5.3 多伺服直线插补运动程序仿真测试
第六章 伺服系统曲线插补运动设计
6.1 多伺服曲线插补运动控制原理及应用
6.2 多伺服平面曲线插补运动程序设计
6.3 多伺服空间曲线插补运动程序设计
6.4 多伺服曲线插补运动程序仿真测试
第七章 工业机器人结构和运动控制
7.1 工业机器人系统组成
7.2 工业机器人技术指标
7.3 工业机器人的运动控制
第八章 典型六轴工业机器人设计
8.1 六轴工业机器人结构
8.2 六轴工业机器人示教器设计
8.3 六轴工业机器人程序设计
8.4 六轴工业机器人程序仿真测试
第九章 基于 PC 的工业机器人控制设计
9.1 工业机器人 PC 在线控制开发架构
9.2 工业机器人 PC 在线控制程序设计
9.3 工业机器人 PC 在线控制程序仿真测试