《工业机器人编程与系统集成》课后习题答案

模块一 工业机器人编程基础

1. 写出描述刚体位姿的（4×4）矩阵。

参考答案：

2. 有一点矢量为，相对参考系作如下齐次坐标变换：

A =

写出变换后点矢量表达式，并说明是什么性质的变换，写出旋转变换算子Rot及平移变换算子Trans。

参考答案：

变换后点矢量表达式：V = ，

Rot(Z,30) = ，

Trans(11.0,-3.0,9.0) =

3. 有一旋转变换，先绕固定坐标轴转，再绕轴转，最后绕轴转，试求该齐次变换矩阵。

参考答案：

Rot(Y,600) Rot(X,300)Rot(Z,450) =

4. 坐标系{B}起初与固定坐标系{O}相重合，现坐标系{B}绕旋转，然后绕旋转后的动坐标系的轴旋转，试写出该坐标系{B}的起始矩阵式和最终矩阵式。

参考答案：

起始矩阵为4x4单位矩阵：

B =

最终矩阵：

Rot(Z,300)Rot(X,450) =

5. 工业机器人坐标系分为 关节 坐标系和 直角 笛卡尔坐标系两大类，一般直角笛卡尔坐标系又分为：基坐标系、大地坐标系、工具坐标系、工件坐标系等。

6. 围绕平行于X、Y和Z轴线转动时的定义分别为w、p、r（或Ex、Ey、Ez），其正方向分别以X、Y、Z的正方向且以 右手螺旋 前进的方向为正。

7. 机器人缺省工具坐标系（tool0），又称为 机械接口 坐标系，其原点位于 J6 轴法兰盘端面的中心， Z 轴垂直法兰盘端面向外。

8. ABB工业机器人工件坐标系由 用户 框架和 目标 框架组成， 目标 框架是 用户 框架的子框架。

9. ABB工业机器人主要由机器人本体、控制柜、示教盒和连接电缆等组成，其中连接电缆主要有 电源 电缆、 示教器 电缆、 控制 电缆和 编码器 电缆等。

10. 机器人本体包括 机身 、 臂部 、 腕部 、 手部 和 传动部件 等部分。

11. 机身又称 机座 ，是整个工业机器人的支持部分，具有一定的刚度和稳定性。

12. 腕部位于 工业机器人末端执行器 和 臂部 之间，主要帮助手部呈现期望的姿态，扩大臂部运动范围。

13. 手部又称为 末端执行器 ，是工业机器人执行任务的工具，一般安装于工业机器人 末端法兰 。

14.示教盒用于执行与操作工业机器人系统有关的许多任务，包括：编写程序、运行程序、

修改程序 、 手动操作 、参数配置 、监控工业机器人状态等。

15. 工业机器人主要技术参数一般包括：自由度、定位精度、重复定位精度、工作范围 、 最大工作速度 以及 承载能力 等。

16. 手动操纵机器人运动有三种模式： 单轴 运动、 线性 运动和 重定位 运动。

17. ABB工业机器人校准方法主要分三种： 更新转数计数器 、 编辑校准参数与

Axis校准。

18. ABB工业机器人的奇异点比较常见的有 臂奇异点 和 腕奇异点 。

19.简述ABB工业机器人数据备份与恢复的方法。

参考答案：

(1)数据备份方法：在ABB菜单画面点击“备份与恢复”菜单->选择“备份当前系统”->在弹出的界面中，单击“ABC”，设置系统备份文件名称；单击“…”选择备份文件的存放位置；单击“备份”按钮进行备份操作。

（2）数据恢复方法：在ABB菜单画面点击“备份与恢复”菜单->选择“恢复系统”->单击“…”选择备份文件的存放目录，然后单击“恢复”按钮。

20.简述ABB工业机器人更新转数计数器的操作方法。

参考答案：

移动关节轴到对应的同步标记位置；若现场由于场地空间等原因不能使多个轴（A～F）同时达到标记位置时，可根据现场情况对各个轴单独进行转数计数器更新，完成机器人轴的粗校准。->在ABB菜单画面点击“校准”菜单->选择校准的机械单元->选择转数计数器，单击更新转数计数器->选择需要进行转数计数器更新的轴，单击“更新”。

模块二 ABB工业机器人I/O配置与应用

1.简述ABB工业机器人I/O通信的种类。

参考答案：

本地I/O通信、现场总线通信与网络通信。

2. DSQC651板主要提供 8 个数字输入，地址分配从 0 开始； 8 个数字输出，地址分配从 32 开始；以及 2 个模拟输出信号，地址分配从 0 开始。

3. DSQC652板主要提供 16 个数字输入，地址分配从 0 开始； 16 个数字输出信号，地址分配从 0 开始。

4. DSQC653板主要提供 8 个数字输入， 8 个数字继电器输出的信号处理。

5. DSQC377主要提供工业机器人输送链跟踪功能所需的 编码器 与 同步开关 信号的处理。

6. 简述DSQC652板配置、I/O信号配置的方法。

参考答案：

（1）DSQC652板配置方法：

步骤1：在ABB菜单画面点击“控制面板”菜单；步骤2：在弹出的界面中单击“配置系统参数”选项；步骤3：在弹出的界面中选中“DeviceNet Device”，点击“显示全部”菜单；步骤4：在弹出界面中单击“添加”；步骤5：将“使用来自模板的值”设置为“DSQC 652 24 VDC I/O Device”，将“Name”修改为“Board10”；步骤6：将“Address”设置为“10”，最后单击“确定”并重启系统。

（2）I/O信号配置的方法

步骤1：在ABB菜单画面点击“控制面板”菜单；步骤2：在弹出的界面中单击“配置系统参数”选项；步骤3：在弹出的界面中选中“Signal”，点击“显示全部”菜单；步骤4：在弹出界面中单击“添加”；步骤5：将“Name”属性值设为“DI1”、将“Type of Signal”值设置为“Digital Input”、将“Assigned to Device”值设置为“Board10”、将“Device Mapping”值设为“0”；步骤6：最后单击“确定”并重启系统。

7. IRC5 Compact紧凑型控制柜内置了DSQC652板卡，其中：XS12～XS13为 数字输入 接

口，XS14～XS15为 数字输出 接口；XS16为 电源 接口；XS17为 DeviceNet总线 接口，

缺省的单元总线地址为 10 。

8. BK5250是用于DeviceNet的 紧凑型总线 耦合器，具有自动检测通信波特率的功能，有 两 个地址选择开关用于总线地址设定。

9. 将数字 输入 信号与系统的控制信号关联起来可以实现系统的自动控制；另外系统的状态信号也可以与数字 输出 信号关联起来，以作状态反馈之用。

10.简述ABB工业机器人可编程按键的定义过程。

参考答案：

示教器右上角的按钮为可编程按钮，用户可以自定义其功能，以便快捷地控制IO信号，下面给出“可编程按键1配置为数字输出信号DO1”的操作步骤。

步骤1：在“控制面板”中选择“配置可编程按键”；步骤2：选中准备设置的“按键1”，在“类型”中选择“输出”；步骤3：在右侧数字输出列，选择“DO1”、“按下按键”中选择“切换”；“允许自动模式”选“否”、最后点击“确定”；步骤4：由ABB菜单“输入输出”进入；步骤5：单击右下角“视图”，选择“数字输出”；步骤6：单击“可编程按键1”，DO1的值将改变。

模块三 工业机器人示教编程

1. ABB工业机器人程序分为3个层级，分别为： 程序 、 模块 和例行程序，其中例行程序包括 中断 和 功能 等。

2. 程序是描述整个任务的结构，系统一般只能加载 1 个程序运行，多任务时可以有 前台任务 、 后台任务 同时运行，但购置机器人时要增加 多任务 选项功能。

3. 例行程序是执行具体任务的程序，它是编程的主要对象，是 指令的 载体；模块则是例行程序的 管理结构 ，分为 系统 模块与 程序 模块两种，模块可以将例行程序按照需要进行分类和组织。

4. 在创建程序时，系统自动生成3个模块： MainModule 、 BASE 和 user 模块。

5. 程序运行的入口是 main 例行程序。

6. RAPID程序数据是在RAPID语言编程环境下定义的用于存储 不同数据类型信息的 数据结构类型。

7. RAPID 数据按照存储类型可分为 变量 、 可变量 和 常量 。

8.工具数据是工业机器人系统用于描述工具的 TCP 、 重量 、 重心 等参数的数据。

9. 常用的标定工具坐标系方法有： TCP 的默认方向法（四点法）、“TCP 和 Z”方法（五点法）和 “TCP 和 Z，X”方法（六点法）。

10. 工件坐标数据是描述 用户 框架、 目标 框架在各自参考坐标系中位置与姿态的数据，工件坐标系的标定也是定义工件数据的过程。

11.以5点法为例简述工具坐标系的标定过程。

参考答案：

①在程序数据画面选中“tooldata”，单击“显示数据”;->②单击“新建…”按钮;③新工具名称为“tool1”点击左下角“初始值”;④根据实际情况设定工具的质量mass（单位：kg）与重心位置数据，然后单击“确定”返回工具数据画面;⑤点击“编辑”菜单，选择“定义”;⑥在“方法”中选择“TCP和Z”（五点法）;⑦手动操作工业机器人，两者接近时应切换为“增量”模式，使工具末端点靠近 TCP标定辅助工具的尖端;⑧选中“点 1”，然后点击“修改位置”，确认“点1”对应的状态栏显示状态为“已修改”; ⑨用同样的操作完成点2 、3、4的记录；⑩工具以点4的姿态移至辅助标定工具上方，记录延伸器点 Z，该点与辅助标定工具尖点连线为工具坐标系的 Z 轴；所有点记录完成后，单击“确定”。

12.以用户方法为例，简述工件坐标系的创建过程。

参考答案：

①在程序数据画面选中“wobjdata”，单击“显示数据”；②单击“新建…”按钮；③新工具名称为“wobj1”，点击“确定”；④点击“编辑”菜单，选择“定义”；⑤选择用户方法（3点），注意“活动工具”应为正在使用的工具tool1；⑥手动操纵机器人TCP点，使其靠近工件坐标系原点X1；⑦单击“修改位置”，将X1点记录下来；⑧手动操纵机器人TCP点，使其靠近工件坐标系X2点；⑨单击“修改位置”，将X2点记录下来；⑩手动操纵机器人TCP点，使其靠近工件坐标系Y1点；⑾单击“修改位置”，将Y1点记录下来，然后单击“确定”，完成三点位置设定；⑿在计算结果界面上单击“确定”，完成工件坐标系wobj1的创建。

13.简述用户自定义数据类型的创建方法。

参考答案：

ABB工业机器人支持用户创建自定义的数据类型，需在模块前面使用关键字RECORD和ENDRECORD。

14. MoveJ指令又称为 空间点运动 指令，该指令表示工业机器人工具中心点（TCP）将进行 点到点的 运动。

15. MoveAbsJ指令描述的是 各轴角度到角度 的运动，其位置不随工具和工件坐标系而变化。

16. MoveL用于将机器人末端点沿 直线 移动至目标位姿，当指令目标位置不变时也可用于调整工具姿态。

17. MoveC指令用于将工具中心点（TCP）沿 圆周 移动至给定目的地。

18. WaitDI指令用于等待 一个数字量输入 信号达到设定值。

19. 工业机器人工具快换装置主要由 主侧 和 工具侧 两部分组成。

20. 在工具抓取时用 对准 功能，可以实现主盘与副盘的快速对接。

21. 以电机装配为例，简述其装配流程。

参考答案：

电机组件的装配流程一般为：系统手动复位、工具抓取、电机外壳装配、变位机转位控制、转子与端盖装配、变位机复位、成品入库等。

模块四 ABB工业机器人总线与网络通信

1. ABB工业机器人Profibus DP选项分为 969-1 profibus Controller 与840-2 profibus Anybus Device两种，前者支持机器人作为Profibus DP通信控制器 主 站，而后者支持机器人作为Profibus DP设备 从 站。

2. Profibus DP通信电缆为专用的屏蔽双绞线，即红绿两根信号线，红色线接总线连接器的第 8 引脚，绿色线接总线连接器的第 3 引脚。总线两端必须将终端电阻开关置于 ON ，中间节点连接器拨至 OFF 。

3.简述ABB工业机器人作为Profibus DP通信从站的配置步骤。

参考答案：

详见“表4-1 ABB工业机器人为Profibus DP从站的通信配置”。

4.简述基于Profibus DP总线通信的I/O信号创建步骤。

参考答案：

以DO1数字输出信号（地址映射为0）的配置为例，说明基于Profibus DP总线通信I/O信号的创建方法，操作步骤详见“表4-2基于Profibus总线通信的DO1数字输出信号配置”。

5.简述将S7-1200 PLC配置为Profibus DP通信主站的操作步骤。

参考答案：

“表4-3 S7-300 PLC的Profibus通信配置（主站）”给出了将西门子PLC配置为Profibus DP通信主站的详细操作步骤。将S7-1200 PLC配置为Profibus DP通信主站的操作与之类似。

6.ABB工业机器人Profinet通信选项有几种？其中支持工业机器人同时作为控制器和设备的是哪一种？

参考答案：

ABB的通信选项有三种：

（1）888-2 Profinet Controller/Device

该选项支持机器人同时作为控制器（Controller）和设备（Device），机器人无需额外的硬件。

（2）888-3 Profinet Device

该选项仅支持机器人作为设备（Device），机器人不需要额外的硬件。

（3）840-3 Profinet Anybus Device，该选项仅支持机器人作为设备（Device），机器人需要额外的硬件DSQC688（Profinet Anybus Device）。

888-2 Profinet Controller/Device与888-3 Profinet Device选项可以直接使用控制器上的LAN3或WAN口，而840-3 Profinet Anybus Device需要添加额外的硬件DSQC688（Profinet Anybus Device）。

其中第（1）种支持工业机器人同时作为控制器和设备。

7.简述基于888-2/888-3选项的Profinet通信从站机器人侧的配置步骤。

参考答案：

“表4-6”给出了基于“888-2/888-3”选项在机器人示教器端配置Profinet通信从站的方法。

8.简述基于888-2/888-3选项的Profinet通信主站PLC侧的配置步骤。

参考答案：

“表4-7”给出PLC直接与机器人WAN口（或LAN3口）Profinet通信的配置方法。

9.简述基于840-3选项的Profinet通信从站机器人侧的配置步骤。

参考答案：

“表4-8”给出了基于“840-3”选项通信从站机器人侧的配置步骤。

10.简述基于840-3选项的Profinet通信主站PLC的配置步骤。

参考答案：

“表4-9”给出了基于“840-3”选项通信主站PLC的配置步骤。

11. ABB工业机器人使用Socket通信，需要有 616-1 PC interface 选项。

12. Socket通信使用 TCP/IP 协议，通常使用机器人控制器的 WAN 口、LAN3口或 Service Port 服务端口，其中服务端口的IP地址为固定值 192.168.125.1 。

13. Socket通信分为 服务 端与 客户 端。

14.以创建服务端程序为例，简述socket通信的一般流程。

参考答案：

对于服务器端程序，首先要创建类型为socketdev的套接字，并绑定至服务器某一端口上。执行SocketListen后，服务器套接字开始监听位于该端口和地址上的输入连接，接着调用SocketAccept接受来自客户端的输入连接。同样客户端程序也要先创建socketdev类型的套接字，并尝试调用SocketConnect连接远程服务端，一旦连接成功，双方将可以传送信息。

模块五 工业机器人与外围设备系统集成

1.步进电机是一种将 脉冲 信号变换成相应的角位移或线位移的电磁装置，是一种特殊的电动机。

2.每给步进电动机一个脉冲信号，它就转过一定的角度，该角度称为 步距 角。

3.在步进电机步距角不能满足使用要求时，可采用 细分 驱动器来驱动步进电机。

4.控制固有步距角为1.8°、细分数为1/16的步进电机转一圈需要 3200 个脉冲。

5.简述西门子PLC控制步进驱动系统的三种方式。

参考答案：

三种方式：①基于现场总线的PROFIdrive方式与支持PROFIdrive的驱动器连接进行运动控制；②发送PTO脉冲的方式控制驱动器，可以是“脉冲+方向”、“A/B正交”、也可以是“正/反脉冲”的方式；③输出模拟量来控制驱动器。

6. Modbus协议是一个 主/从 架构的协议。

7. Modbus的三种通信方式分别是 异步串行传输 、 以太网 与 高速令牌传递网络 。

8.为了实现与伺服驱动器的RS485通信，S7 1200可以配置 CM1241 信号模块或 CB1241 信号板。

9.一般构建PLC与伺服驱动器的MODBUS通信系统时， PLC 配置为通信主站， 伺服驱动器 为通信从站。

10.一般SIMATIC RFID系统主要由 S7 PLC 、 通信模块 、 读写器 和 电子标签 等组成。

11.工业视觉系统通过图像采集硬件一般有： 光源 、 光学镜头 、 CCD或CMOS相机 等。

12.典型的机器视觉系统可以分为两类：一类是 PC式或称板卡式 视觉系统，另一类是 嵌入式，又称“智能相机”或“视觉传感器” 视觉系统。

13.康耐视相机参数调试要借助于 In-Sight Explorer 软件。

14.相机调试的参数主要有： 图像亮度 、 曝光 、 光源强度 、 焦距 等。

15.简述工业机器人的全局区域监控功能。

参考答案：

工业机器人视觉应用过程中，工业机器人和相机的距离非常近，稍有不慎工业机器人就有撞到相机的可能性，因此需要设置工业机器人的全局区域监控，当工业机器人进行所设置的全局区域时，将立即停止运动，避免工业机器人撞到相机。全局区域监控是ABB工业机器人的选项功能：608-1 World Zones。

全局区域监控具有如下特性：

①可以定义长方体、圆柱体、球体以及关节值区域；

②当TCP或者关节值进入某个区间或离开某个区间的时候，设置一个输入输出信号；

③当机器人到达某个区间的边界时，停止机器人；

④可以通过启动自动激活，也可以使用程序进行激活与禁用；

⑤如果是多机器人系统，每个机器人都有自己独立的全局区域（World Zone）；

⑥当两台机器人的工作区域部分重叠时。可通过全局区域（World Zone）监控来安全地消除这两台机器人相撞的可能性；

⑦当该机器人的工作区域内有某种永久性障碍或某些临时外部设备时，可创建一个禁区来防止机器人与此类设备相撞；

⑧出于安全考虑，不可使用此功能进行人员安全的保护。

全局区域监控数据类型有三种，分别是wztemporary、wzstationary和shapedata。

2023.8.18