第一章

1、工业机器人控制系统中，伺服环的定义是什么？

为保证高精度输出，控制系统必须对运动和力实施闭环控制，构成伺服环。伺服环的输入是状态指令，它是机器人末端或关节的位置、速度、力/力矩的时间函数。

2、查阅资料，简述世界上第一台实用化工业机器人PUMA的运动控制和传感系统

组成。（也可研究达芬奇机器或大狗机器人）

PUMA工业机器人的运动控制和传感系统主要由计算机控制单元（CPU）、伺服电机、编码器、传感器和控制软件组成。其中，CPU负责执行控制程序和算法，伺服电机通过接收CPU发送的指令来实现精确的运动控制，编码器用于反馈电机的实际位置信息，传感器则用于感知周围环境和工作情况，从而实现机器人的安全和智能操作。控制软件则负责整合各个组件，实现运动轨迹规划、路径优化和实时监控等功能，使得PUMA机器人能够高效地完成各种工业任务。

第二章

1、简述路径与轨迹的定义。

路径：几何概念，描述机器人末端在空间中走过的曲线，路径点的集合。

轨迹：机器人指定走完某一路径所需要的时间。

2、路径规划与轨迹生成的主要区别是什么？

路径规划是指在给定的地图或者环境中，寻找从起点到终点的最佳路径，通常考虑的是如何选择路径来达到某个目标。而轨迹生成则是在已经确定了路径的情况下，考虑如何在实际执行中生成一系列连续的动作或者轨迹，轨迹不但包含路径几何信息，还包含速度和加速度等物理信息，涉及到运动规划、动力学控制等方面的问题。

3、示教编程和离线编程各自的特点是什么？需要什么设备支持编程？

示教编程：需要设定关键路径点，也称示教点，需要指定路径生成方法（PTP或CP）。使用示教器进行编程。

离线编程：编写程序读取CAD/CAM数据文件，根据加工工艺自动生成路径和运行速度。利用厂家提供的仿真环境设定机器人路径和运行速度。

4、笛卡尔空间轨迹生成与关节空间轨迹生成的区别是什么？

笛卡尔空间轨迹生成是指在笛卡尔空间指定路径跟踪时间，并据此生成轨迹的过程。关节空间轨迹生成是指对某关节，在已知关节位置之间生成关节变量时间函数的过程。区别主要为规划空间的不同。

5、为什么笛卡尔空间轨迹生成之后要进行粗插补？粗插补的结果是什么？

因为在笛卡尔空间设定的速度值，不能确保关节速度小于驱动电机速度上限，或者运行过程中可能存在速度变更。因此需要提前计算关节速度，并进行轨迹前瞻。粗插补的结果为缓存区内的以5到20ms的实际运行时间间隔计算出的路径点位移和速度。

6、为什么关节空间轨迹生成之后要进行精插补？其结果是什么？在关节闭环控制中起到什么作用？

关节空间轨迹生成后进行精插补是为了解决两个主要问题：一是关节运动的不连续性，二是运动的不平滑性。在关节空间轨迹中，关节角度的变化可能会出现不连续的情况，造成机器人运动时的不稳定性和效率降低。精插补通过在关节空间中插入额外的插补点，使得关节运动更加连续和平滑，提高了运动的质量和效率。在关节闭环控制中，精插补的作用是优化控制性能，通过细致的调整关节运动轨迹，使得机器人能够更精确地执行任务，并且能够更好地应对外部扰动和不确定性，提高了控制系统的稳定性和鲁棒性。

7、为什么粗插补周期比精插补周期长？

粗插补周期比精插补周期长是为了确保在运动规划和控制中能够充分考虑到路径的平滑性和精确性，同时降低计算量。

8、对于实现位置闭环的数字控制系统，为什么要针对指令位置进行轨迹生成？简述根据指

令位置生成位置轨迹，并得到位置伺服指令值得过程。

只有通过轨迹生成得到小的指令增量，才符合经典控制理论的小偏差线性近似假设，这样才能用经典控制理论设计控制算法。

1. 指令位置主成，由系统需求或用户输入的指令位置，确定机器人或工具末端目标位置
2. 轨迹规划：将目标位置转换为一系统离散的路经点，使用插补法生成平滑轨迹
3. 位置伺服指令生成：由生成的轨迹计算每个时间点上机器人或工具末端应达到的位置。
4. 位置控制：将位置同服指令值输入到位置闭环控制器中，控制器通过比较实际位置和指令位置的差异来调节控制系统。

9、运动控制器的主要功能是什么？

实现多个关节的协同控制，也被称为多轴运动控制器；实现分散式或集中式的控制方法；高性能运动控制器的伺服环还能实现力位混合控制。

10、运动控制器的三个重要中断软件模块是什么？简述它们之间的时序关系。

运动控制中断、伺服控制中断、采样中断。运动控制中断包含多次伺服控制中断，伺服控制中断内包括多次采样中断。

11、为什么要进行轨迹前瞻和速度调节。

轨迹前瞻允许系统提前感知到路径上的障碍物或其他变化，从而采取适当的措施避免碰撞或者调整路径。速度调节则是根据路径的曲率、斜率等因素动态调整机器人的速度，以确保在执行轨迹时保持平稳和安全。

第三章

1、简述步进电机实现开环位置保持功能的原理及注意事项。

~~步进电机及其驱动器可以把电脉冲转换为角位移，步进电机输出的角位移与驱动器接收到的控制脉冲数目成正比。需要注意最低连续运行频率和最高启动频率。~~

2、在校核步进电机的转矩时，除了需要考虑被拖动对象所受的负载转矩，是否需要考虑负

载的动力学特性？为什么？

~~需要，由于步进电机的矩频特性，速度越高，力矩越小，高频力矩不能克服负载力矩，也会失步，因此需要校核指定运行速度下的负载力矩。~~

3、步进电机的输出力矩是否可控？为什么？

力矩可控性不好，快速启停或负载力矩大幅度变化时，容易出现失步