

“职教师资本科专业培养标准、培养方案、
核心课程和特色教材开发项目”规划教材

机电一体化系统设计及应用 习题答案

“职教师资本科专业培养标准、培养方案、核心课程和特色教材
开发项目——VTNE010 机械电子工程”项目组编

主编：祁文军

2015 年 11 月

目 录

一	简答题	1
二	填空题	55
三	判断题	68
四	单项选择题	78
五	多项选择	80
六	计算题	84

一 简答题

1. 机电一体化技术综合应用了机械技术、微电子技术、信息处理技术、自动控制技术、检测技术、电力电子技术、接口技术及系统总体技术等群体技术，在高质量、高精度、高可靠性、低能耗意义上实现多种技术功能复合的最佳功能价值的系统工程技术。
2. 在设计方案和结构原理不变的情况下，仅改变部分结构尺寸和性能参数，使之适用范围发生变化的设计方式。例如，同一种产品不同规格型号的相同设计。
3. 传统机电技术的操作控制主要以电磁学原理的各种电器来实现，如继电器、接触器等，在设计中不考虑或很少考虑彼此间的内在联系。机械本体和电气驱动界限分明，整个装置是刚性的，不涉及软件和计算机控制。机电一体化技术以计算机为控制中心，在设计过程中强调机械部件和电器部件间的相互作用和影响，整个装置在计算机控制下具有一定的智能性。
4. 机电一体化系统是多学科技术的综合应用，是技术密集型的系统工程。其技术组成包括：机械技术、检测技术、伺服传动技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术和系统总体技术等。现代的机电一体化产品甚至还包含了光、声、化学、生物等技术等应用。
5. 一个较完整的机电一体化控制系统，包括以下几个基本要素：机械本体、动力源、传感装置、驱动执行机构、控制器等，各要素和环节之间通过接口相联系。
6. 主要功能：传递力/转矩和速度/转速。
7. 目的：使执行元件与负载之间在转矩和转速方面达到合理的匹配。
8. 性能指标：系统功能、使用条件、经济效益。
9. 基本要求：转动间隙小，精度高，体积小，重量轻，运动平稳，传动转矩大。
10. 机电结合设计方法是将各组成要素有机的结合为一体而构成专用或通用的功能部件，其要素之间机电参数的有机匹配比较充分。
11. 机电一体化系统的机电组合设计方法是将用结合法制成的功能部件，功能模块，像积木那样组合成各种机电一体化系统。
12. 特点是可以缩短设计与研制周期，节约工装设备费用，且有利于生产管理，使用和维护。
13. 1. 较高的定位精度。2. 良好的动态响应特性：响应快，稳定性好，收敛时间

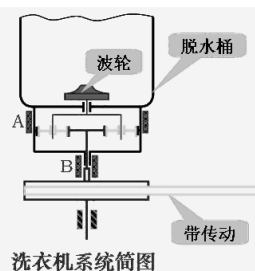
合理。3. 无间隙，低摩擦，低惯量，大刚度。4. 高的消振频率，合理的阻尼比。

14. 主要包括系统功能、性能指标、使用条件、经济效益。
15. 机械系统、电子信息处理系统、动力系统、传感系统、执行控制系统
16. 机电一体化系统，应包含以下几个基本要素：机械本体、动力与驱动部分、执行机构、传感测试部分、控制及信息处理部分。我们将这些部分归纳为：结构组成要素、动力组成要素、运动组成要素、感知组成要素、智能组成要素；这些组成要素内部及其之间，形成通过接口耦合来实现运动传递、信息控制、能量转换等有机融合的一个完整系统。
17. 机电一体化系统（产品）设计方案的常用方法有取代法、整体设计法、组合法以及其它方法。
18. 机电一体化系统的设计过程中，一直要坚持贯彻机电一体化技术的系统思维方法，要从系统整体的角度出发分析研究各个组成要素间的有机联系，从而确定系统各环节的设计方法，并用自动控制理论的相关手段，进行系统的静态特性和动态特性分析，实现机电一体化系统的优化设计。
19. 对机械系统的基本要求：高精度；快速响应；良好的稳定性。
20. 机械系统的组成：传动机构；导向机构；执行机构。
21. 主要目的：增加机械系统或产品的附加值和自动化程度。
22. 机电一体化系统（产品）开发的类型依据该系统与相关产品比较的新颖程度和技术独创性，可分为开发性设计、适应性设计和变参数设计。
23. 机电一体化相关技术有：机械技术，计算机与信息处理技术，系统技术，自动控制技术，传感器测试技术和伺服驱动技术。
24. （1）诊断过程的智能化、（2）人一机接口的智能化、（3）自动编程的智能化、（4）加工过程的智能化。
25. 高性能、智能化、系统化以及轻量、微型化方向发展。
26. 接口主要完成电平转换、信号隔离、放大、滤波、速度匹配等。
27. 详细设计主要包括：系统总体设计；业务的分组；机械本体及工具设计；控制系统设计：程序设计；后备系统设计；完成详细设计书及制造图样；产品出厂及使用文件的设计。
28. 机电一体化技术使机械传动部分减少，因而使机械磨损，配合间隙及受力变形

等所引起的误差大大减少，同时由于采用电子技术实现自动检测、控制、补偿和校正因各种干扰因素造成的误差，从而提高精度。

29. 机电一体化技术是其他高新技术发展的基础,机电一体化技术的发展依赖于其他相关技术的发展,可以预料,随着信息技术、材料技术、生物技术等新兴学科的高速发展,在数控机床、机器人、微型机械、家用智能设备、医疗设备、现代制造系统等产品及领域,机电一体化技术将得到更加蓬勃的发展。
30. 机电一体化系统设计方法与用经验公式、图表和手册为设计依据的传统方法不同,它是计算机为手段,其设计步骤通常如下:设计预测→信号分析→科学类比→系统分析设计→创造设计→选择各种具体的现代设计方法(如相似设计法、模拟设计法、有限元法、可靠性设计法、动态分析法、优化设计法、模糊设计法等)→机电一体化系统设计质量的综合评价。
31. 机电一体化技术将机械技术、微电子技术、计算机技术、控制技术和检测技术在设计和制造阶段就有机结合在一起,十分注意机械和其他部件之间的相互作用。而并行工程是将上述各种技术尽量在各自范围内齐头并进,只在不同技术内部进行设计制造,最后通过简单叠加完成整体装置。
32. 自动控制技术的侧重点是讨论控制原理、控制规律、分析方法和自动系统的构造等。机电一体化技术是将自动控制原理及方法作为重要支撑技术,将自控部件作为重要控制部件。它应用自控原理和方法,对机电一体化装置进行系统分析和性能测算。

自动洗衣机的工作原理:



33. **洗涤:**
A制动, B放开, 运动经电机、带传动、中心齿轮、行星轮、行星架、波轮
- 脱水:**
A放开, B制动, 运动经电机、带传动、内齿圈(脱水桶)、中心齿轮、行星架、波轮与脱水桶等速旋转。
34. 机电一体化技术只是将计算机作为核心部件应用,目的是提高和改善系统性能。计算机在机电一体化系统中的应用仅仅是计算机应用技术中一部分,它还可以作为办公、管理及图象处理等广泛应用。机电一体化技术研究的是机电一体化

系统，而不是计算机应用本身。

35. 工业控制的计算机主要有单片微型计算机、可编程序控制器（PLC）、总线工控机等类型。根据机电一体化系统的大小和控制参数的复杂程度，选用不同的微型计算机。单片机或可编程控制器主要用于，控制量为开关量和少量数据信息的模拟量的小系统。对于数据处理量大的系统，则往往采用基于各类总线结构的工控机，如 STD 总线工控机、IBM-PC 总线工控机、Multibus 工控机等。对于多层次、复杂的机电一体化系统，则要采用分级分步式控制系统，在这种控制系统中，根据各级及控制对象的特点，可分别采用单片机、可编程控制器、总线工控机和微型机来分别完成不同的功能。
36. 计算机在控制中的应用方式主要有：操作指导控制系统、分级计算机控制系统、监督计算机控制系统（SCC）、直接数字控制系统。
37. 计步骤通常如下：设计预测→信号分析→科学类比→系统分析设计→创造设计→选择各种具体的现代设计方法（如相似设计法、模拟设计法、有限元法、可靠性设计法、动态分析法、优化设计法、模糊设计法等）→机电一体化系统设计质量的综合评价。
38. 打印机是典型的光机电一体化产品，材料、电子、光学、机械等领域的新技术都会很快地反映在打印机产品中，并推动打印机向自动化、人性化、多样化及更好地满足用户多种需求的方向发展。平推式走纸通道技术减少了由于纸张弯曲、卡纸造成的打印偏差，也使打印存折等复杂介质成为可能；平推式走纸还使纸张的进退纸速度加快，提高了柜台业务处理速度；而利用传感器判断纸张边界的纸张定位技术使打印内容的定位更加准确，使用户只需将纸张放入打印机即可，不必再调整纸张进纸位置——这些技术促进了平推式票据打印机的发展。

引入 LCD 显示技术使打印机面板不再单调，液晶屏可以显示打印机状态、版本信息等内容，便于进行参数设置，使人机交流更加轻松，操作更加简单；Flash 下载技术使打印机可以直接通过主机下载升级程序，改变了以往需要专业工程师拆机更换芯片的麻烦，升级更加方便、快捷，甚至用户都可以自己动手过一把“下载升级”的瘾；一些打印机厂商还根据用户的需要开发出了双用户模式，使打印机可以同时使用串口和并口进行打印，达到一机多用、一机多联的功能；部分高档的存折打印机还配备有磁条读写模块，使打印机不仅能够打印，还具

有自动读取存折磁条信息的功能——存折进入打印机后，读写磁条信息、打印存折内容一气呵成，使柜台打印业务处理更高效，且保密性更好。

借助磁码打印技术（需特殊色带和打印装置）可使打印输出既具有可读性，又具有防伪、机读等特性，加强了系统的安全性、保密性、高效性。

安装了网卡的打印机可以实现多机共享、远程控制、远程管理、远程诊断功能；安装了无线网卡就可实现无线操作；再加上自动翻页装置就可实现自助补登功能。

安装了扫描头的打印机可以同时进行扫描工作，使打印机具有了输入设备的功能，而配备 IC 卡读写器的打印机还可以同时进行 IC 卡的读写工作，这就大大节省了柜台的宝贵空间。

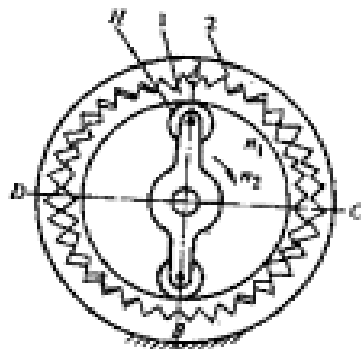
39. 高性能化一般包含高速化、高精度、高效率和高可靠性。
40. 见题 33、38 题。
41. 在系统设计时，应综合考其性能指标，阻尼比一般取 $0.5 < \xi < 0.8$ 的欠阻尼系统，既能保证振荡在一定的范围内，过渡过程较平稳，过渡过程时间较短，又具有较高的灵敏度。设计机械系统时，应尽量减少静摩擦和降低动、静摩擦之差值，以提高系统的精度、稳定性和快速响应性。机电一体化系统中，常常采用摩擦性能良好的塑料——金属滑动导轨，滚动导轨，滚珠丝杠，静、动压导轨；静、动压轴承、磁轴承等新型传动件和支承件，并进行良好的润滑。转动惯量对伺服系统的精度、稳定性、动态响应都有影响。惯量大，系统的机械常数大，响应慢；惯量大， ξ 值将减小，从而使系统的振荡增强，稳定性下降；惯量大，会使系统的固有频率下降，容易产生谐振，因而限制了伺服带宽，影响了伺服精度和响应速度。惯量的适当增大只有在改善低速爬行时有利。因此，机械设计时在不影响系统刚度的条件下，应尽量减少惯量。应尽量减少或消除间隙，目前在机电一体化系统中，广泛采取各种机械消隙机构来消除齿轮副、螺旋副等传动副的间隙。
42. 机电一体化系统对机械传动系统的要求有：精度；稳定性；快速响应性；还应满足小型、轻量、高速、低冲击振动、低噪声和高可靠性。
43. 伺服控制系统是一种能够跟踪输入的指令信号进行动作，从而获得精确的位置、速度及动力输出的自动控制系统。

44. 1) 比较环节; 2) 控制器; 3) 执行环节; 4) 被控对象; 5) 检测环节。
45. (1) 传动机构、(2) 导向机构、(3) 执行机构
46. 伺服控制系统是一种能够跟踪输入的指令信号进行动作,从而获得精确的位置、速度及动力输出的自动控制系统。机械传动是一种把动力机产生的运动和动力传递给执行机构的中间装置,是一种扭矩和转速的变换器,其目的是在动力机与负载之间使扭矩得到合理的匹配,并可通过机构变换实现对输出的速度调节。在机电一体化系统中,伺服电动机的伺服变速功能在很大程度上代替了传统机械传动中的变速机构,只有当伺服电机的转速范围满足不了系统要求时,才通过传动装置变速。由于机电一体化系统对快速响应指标要求很高,因此机电一体化系统中的机械传动装置不仅仅是解决伺服电机与负载间的力矩匹配问题。而更重要的是为了提高系统的伺服性能。为了提高机械系统的伺服性能,要求机械传动部件转动惯量小、摩擦小、阻尼合理、刚度大、抗振性好、间隙小,并满足小型、轻量、高速、低噪声和高可靠性等要求。
47. 传动装置总传动比 i 的最佳值就是 J_L 换算到电动机轴上的转动惯量正好等于电动机转子的转动惯量 J_m , 在传动装置设计完以后, 在动态设计时, 通常将传动装置的转动惯量归算为负载折算到电机轴上, 并与实际负载一同考虑进行电机响应速度验算。
48. 转动惯量增大使机械负载增加, 功率消耗大; 使系统相应速度变慢, 降低灵敏度; 使系统固有频率下降, 容易产生谐振。
49. 测量是人们借助于专门的设备,通过一定的方法对被测对象收集信息并取得数据概念的过程。
50. 变频调速是采用改变电机通电频率的方式来改变电机的转速的调速方式。
51. 自动控制是由控制装置自动进行操作的控制。
52. 某些电介质,当沿着一定的方向对它施加力而使它产生变形时,内部就会产生极化现象,同时在它的两个表面上将产生符号相反的电荷。当外力去掉后,它又重新恢复到不带电的状态,这种现象被称为压电效应。
53. 动态误差在被测量随时间变化过程中进行测量时所产生的附加误差称为动态误差。
54. 静态设计: 是指依据系统的功能要求,通过研究制定出机械系统的初步设计方案。

55. 灵敏度(测量)：传感器在静态标准条件下输入变化对输出变化的比值。
56. 传感器能检测到的最小输入增量称分辨率，在输入零点附近的分辨率称为阈值。
57. 系统精度是指输出量复现输入信号要求的精确程度。
58. 所谓传感器的线性度就是其输出量与输入量之间的实际关系曲线偏离直线的程度，又称为非线性误差。
59. 质量方面的限制常常是伺服系统设计应考虑的重要问题，特别是用于航空、航天的传动装置，按“质量最小”的原则来确定各级传动比就显得十分必要。
60. (1) 闭环之外的齿轮 G_1 、 G_4 的齿隙，对系统稳定性无影响，但影响伺服精度。由于齿隙的存在，在传动装置逆运行时造成回程误差，使输出轴与输入轴之间呈非线性关系，输出滞后于输入，影响系统的精度。(2) 闭环之内传递动力的齿轮 G_2 的齿隙，对系统静态精度无影响，这是因为控制系统有自动校正作用。又由于齿轮副的啮合间隙会造成传动死区，若闭环系统的稳定裕度较小，则会使系统产生自激振荡，因此闭环之内动力传递齿轮的齿隙对系统的稳定性有影响。(3) 反馈回路上数据传递齿轮 G_3 的齿隙既影响稳定性，又影响精度。
61. (1) 阻尼的影响、(2) 摩擦的影响、(3) 弹性变形的影响 (4) 惯量的影响
62. 无论传递的功率大小如何，按“转动惯量最小”原则来分配，从高速级到低速级的各级传动比总是逐级增加的，而且级数越多，总等效惯量越小。但级数增加到一定数量后，总等效惯量的减少并不明显，而从结构紧凑、传动精度和经济性等方面考虑，级数不能太多。
63. 用一个函数(输出波形的拉普拉斯变换与输入波形的拉普拉斯变换之比)来表示的，称为传递函数。在控制工程中，直接求解系统微分方程是研究分析系统的基本方法。系统方程的解就是系统的输出响应，通过方程的表达式，可以分析系统的动态特性，可以绘出输出响应曲线，直观地反映系统的动态过程对于线性定常系统，传递函数是常用的一种数学模型，它是在拉氏变换的基础上建立的。用传递函数描述系统可以免去求解微分方程的麻烦，间接地分析系统结构及参数与系统性能的关系，并且可以根据传递函数在复平面上的形状直接判断系统的动态性能，找出改善系统品质的方法。因此，传递函数是经典控制理论的基础，是一个极其重要的基本概念。
64. 机械系统的数学模型分析的是输入(如电机转子运动)和输出(如工作台运动)之间的相对关系。等效折算过程是将复杂结构关系的机械系统的惯量、弹性模

量和阻尼（或阻尼比）等机械性能参数归一处理，从而通过数学模型来反映各环节的机械参数对系统整体的影响。

65. 机电一体化机械系统是由计算机信息网络协调与控制的，用于完成包括机械力、运动和能量流等动力学任务的机械及机电部件相互联系的系统。其核心是由计算机控制的，包括机械、电力、电子、液压、光学等技术的伺服系统。它的主要功能是完成一系列机械运动，每一个机械运动可单独由控制电动机、传动机构和执行机构组成的子系统来完成，而这些子系统要由计算机协调和控制，以完成其系统功能要求。机电一体化机械系统的设计要从系统的角度进行合理化和最优化设计。机电一体化系统的机械结构主要包括执行机构、传动机构和支承部件。在机械系统设计时，除考虑一般机械设计要求外，还必须考虑机械结构因素与整个伺服系统的性能参数、电气参数的匹配，以获得良好的伺服性能。
66. 将电路、设备机壳等与作为零电位的一个公共参考点（大地）实现低阻抗的连接，称之为接地。接地的目的有两个：一是为了安全，例如把电子设备的机壳、机座等与大地相接，当设备中存在漏电时，不致影响人身安全，称为安全接地；二是为了给系统提供一个基准电位，例如脉冲数字电路的零电位点等，或为了抑制干扰，如屏蔽接地等，称为工作接地。工作接地包括一点接地和多点接地两种方式。
67. 如果步进电动机通电循环的各拍中交替出现单、双相通电状态，这种通电方式称为单双相轮流通电方式。如 $A \rightarrow AB \rightarrow B \rightarrow BC \rightarrow C \rightarrow CA \rightarrow \dots$
68. 谐波齿轮传动是一种新型传动，其原理是依靠柔性齿轮所产生的可控制弹性变形波，引起齿间的相对位移来传递动力和运动的。
69. 柔轮的变形是一个基本对称的和谐波，故称为谐波传动。谐波齿轮传动的



工作原理： 如图所示，谐波齿轮传动主要由波形发生器 H、柔轮 1 和刚轮 2 组成，柔轮具有外齿，刚轮具有内齿，它们的齿形为三角形或渐开线型，其齿距 P 相等，但齿数不同。刚轮的齿数、比柔轮齿数多，柔轮的轮缘极薄，刚度很小，在未装配前，柔轮是圆形的。由于波形发生器的直径比柔轮内圆的直径略大，所以当波形发生器装入柔轮的内圆时，就迫使柔轮变形，呈椭圆形。在椭圆长轴的两端(图中 A 点、B 点)，刚轮与柔轮的轮齿完全啮合‘而在椭圆短轴的两端(图中 c 点、D 点)，两轮的轮齿完全分离，长短轴之间的齿，则处于半啮合状态，即一部分正在啮入，一部分正在脱出。图所示的波发生器有两个触头，称双波发生器。其刚轮与柔轮的齿数相差为 2，周长相差 2 个齿距的弧长。若采用三波时，齿数差为 3。当波发生器转动时，迫使柔轮的长短轴的方向随之发生变化。柔轮与刚轮上的齿依次进入啮合。柔轮和刚轮在节圆处的啮合过程，如同两个纯滚动的圆环一样，它们在任一瞬间转过的弧长都必须相等。对于双波传动，由于柔轮比刚轮的节圆周长短了两个齿距弧长，因此柔轮在啮入和啮出的一转中，就必然相对于刚轮在圆周方向错过两个齿距弧长，这样柔轮就相对于刚轮沿着波发生器相反的方向转动。当波发生器沿逆时针旋转 45° 时，将迫使柔轮和刚轮相对移动 $1/4$ 个齿距当波发生器转过 180° 时，两者相对位移 1 个齿距。当波发生器连续运转时，柔轮上任何一点的径向变形量 A 是随转角变化的变量。其展开图为一正弦波，如上图所示。

70. 在力学分析时，加速与减速的运动形态是相似的。但对于实际控制问题来说，由于驱动源一般使用电动机，而电动机的加速和减速特性有差异。此外，制动控制时制动力矩当作常值，一般问题不大，而在加速控制时电动机的起动力矩并不一定是常值，所以加速控制的计算要复杂一些。下面分别讨论加速力矩为常值和随控制轴的转速而变化的两种情况。加速（起动）时间：计算加速时间分为加速力矩为常值和加速力矩随时间而变化的两种情况。计算时应知道加速力矩、等效负载力矩、等效摩擦阻力矩、装置的等效转动惯量以及转速（速度）。加速力矩随时间而变化：为简化计算一般先求出平均加速力矩再计算加速时间。计算平均加速力矩的方法有两种：一 是把开始加速时的电机输出力矩和最大电机输出力矩的平均值作为平均加速力矩；二 是根据电机输出力矩——转速曲线和负载——转速曲线来求出平均加速力矩。

71. 机械传动系统在机电一体化系统中的基本功能是传递力、转矩和速度、转速。

实质上是一种转矩、转速变换器。

72. 作用是使执行原件与负载之间在转矩和转速方面达到合理的匹配。

73. (1) 制动力矩 (2) 制动时间 (3) 制动距离 (制动转角)

74. 图中各部可分为：

(1)控制及信息处理单元：键盘、计算机、显示；(2)测试传感部分：光电编码器、信号处理；(3)能源：电源；(4)驱动部分：功放、电机；(5)执行机构：联轴器、齿轮减速器、丝杠螺母机构、工作台。

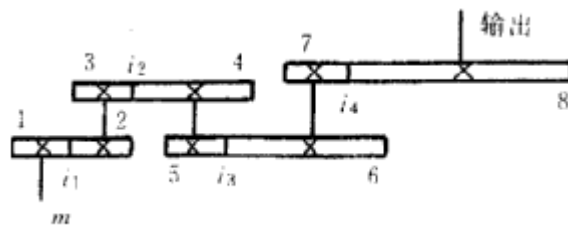
75. 以图所示四级齿轮减速传动链为例。四级传动比分别为 i_1 、 i_2 、 i_3 、 i_4 ，

齿轮 1~8 的转角误差依次为 $\Delta\Phi_1 \sim \Delta\Phi_8$ 。该传动链输出轴的总转动角误差

$\Delta\Phi_{\max}$ 为：

$$\Delta\Phi_{\max} = \frac{\Delta\Phi_1}{i_1 i_2 i_3 i_4} + \frac{\Delta\Phi_2 + \Delta\Phi_3}{i_2 i_3 i_4} + \frac{\Delta\Phi_4 + \Delta\Phi_5}{i_3 i_4} + \frac{\Delta\Phi_6 + \Delta\Phi_7}{i_4} + \Delta\Phi_8$$

由上式可以看出，如果从输入端到输出端的各级传动比按“前小后大”原则排列，则总转角误差较小。而且低速级的误差在总误差中占的比重很大。因此，要提高传动精度，就应减少传动级数。并使末级齿轮的传动比尽可能大，制造精度尽量高。



76. 阻尼比不同的系统，其时间响应特性也不同。

(1) 当阻尼比 $\xi = 0$ 时，系统处于等幅持续振荡状态，因此系统不能无阻尼。

(2) 当 $\xi \geq 1$ 时，系统为临界阻尼或过阻尼系统，此时，过渡过程无振荡，但响应时间较长。

(3) 当 $0 < \xi < 1$ 时，系统为欠阻尼系统，此时，系统在过渡过程中处于减幅振荡状态，其幅值衰减的快慢，取决于衰减系数 ξ 和 ω_n 。在 ω_n 确定以后， ξ 愈小，其振荡愈剧烈，过渡过程越长。相反， ξ 越大，则振荡越小，过渡过程越平稳，系统稳

定性越好，但响应时间较长，系统灵敏度降低。因此，在系统设计时，应综合考虑其性能指标，一般取 $0.5 < \xi < 0.8$ 的欠阻尼系统，既能保证振荡在一定的范围内，过渡过程较平稳，过渡过程时间较短，又具有较高的灵敏度。设计机械系统时，应尽量减少静摩擦和降低动、静摩擦之差值，以提高系统的精度、稳定性和快速响应性。因此，机电一体化系统中，常常采用摩擦性能良好的塑料——金属滑动导轨、滚动导轨、滚珠丝杠、静、动压导轨；静、动压轴承、磁轴承等新型传动件和支承件，并进行良好的润滑。适当的增加系统的惯量 J 和粘性摩擦系数 f 也有利于改善低速爬行现象，但惯量增加将引起伺服系统响应性能的降低；增加粘性摩擦系数 f 也会增加系统的稳态误差，故设计时必须权衡利弊，妥善处理。

77. 机电一体化系统要求其机械装置在温度、振动等外界干扰的作用下依然能够正常工作。既系统抵御外界环境的影响和抗干扰能力强。

78. 产品的组成零部件和装配精度高，是静态的，由于阻尼的影响、摩擦的影响、弹性变形的影响以及惯量的影响在动态响应上存在滞后或超前的影响，使得整个系统的动态精度不高。

79. 机电一体化系统中的机械装置主要包括传动、支承、导轨等。

80. (1) 齿轮传动是机电一体化系统中常用的传动装置，它在伺服运动中的主要作用是实现伺服电机与执行机构间的力矩匹配和速度匹配，还可以实现直线运动与旋转运动的转换。(2) 螺旋传动是机电一体化系统中常用的一种传动形式。它是利用螺杆与螺母的相对运动，将旋转运动变为直线运动。(3) 滑动摩擦导轨 直线运动导轨的作用是用来支承和引导运动部件按给定的方向作往复直线运动 滚动摩擦导轨是在运动件和承导件之间放置滚动体(滚珠、滚柱、滚动轴承等)，使导轨运动时处于滚动摩擦状态。

81. 目的：实现指令信号和执行驱动信号之间的有效匹配。

82. 基本要求：信号类型转换，能量放大，质量的保证。

83. 在被测量随时间变化过程中进行测量时所产生的附加误差，称为动态误差。

84. 静压轴承从外部油源给轴瓦提供压力油，使球磨机进、出料端的大轴在高压油膜的作用下浮起，与轴瓦无直接接触，处在液体磨擦状态，从而极大地降低了起动力矩和旋转阻力矩。

85. 静压导轨是在两个相对运动的导轨面间通入压力油或压缩空气，使运动件浮起，以保证两导轨面间处于液体或气体摩擦状态下工作。

86. 钻孔、点焊通常选用简单的直线运动控制类型。
87. 连续路径控制类中为了控制工具沿任意直线或曲线运动,必须同时控制每一个轴的位置和速度,使它们同步协调到达目标点。
88. 定轴传动由圆柱齿轮传动,圆锥齿轮传动,蜗杆蜗杆传动。特点:结构简单。传递可靠,用几何特性来实现传动。
89. 行星传动主要是由传动齿轮,定位齿轮,行星轮和行星架组成。特点:结构紧凑,可实现传动比更大,几何特性+机构传动原理来实现。
90. 谐波传动主要有钢轮、柔轮、波发生器组成。特点:结构紧凑,体积小,重量轻,充分发挥材料的特性,传动比可大,也相当可靠,几何特性+材料弹性变化特性实现传动。
91. (1)偏心轴套调整法 (2) 双片薄齿轮错齿调整法 (3) 垫片调整法 (4) 轴向压簧调整法 (5) 周向弹簧调整法
92. 1) 垫片调整法 2) 轴向压簧调整法
93. 偏心轴套调整法: 这种方法结构简单,但侧隙调整后不能自动补偿。 双片薄齿轮错齿调整法: 这种错齿调整法的齿侧间隙可自动补偿,但结构复杂。
94. 1) 偏心轴套调整法 2) 双片薄齿轮错齿调整法
95. 滑动摩擦导轨的运动件与承导件直接接触。其优点是结构简单、接触刚度大;缺点是摩擦阻力大、磨损快、低速运动时易产生爬行现象。

滚动摩擦导轨是在运动件和承导件之间放置滚动体(滚珠、滚柱、滚动轴承等),使导轨运动时处于滚动摩擦状态。滚动导轨的特点是:①摩擦系数小,并且静、动摩擦系数之差很小,故运动灵便,不易出现爬行现象;②定位精度高,一般滚动导轨的重复定位误差约为 $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$,而滑动导轨的定位误差一般为 $10\sim 20\mu\text{m}$ 。因此,当要求运动件产生精确微量的移动时,通常采用滚动导轨;③磨损较小,寿命长,润滑简便;④结构较为复杂,加工比较困难,成本较高;⑤对脏物及导轨面的误差比较敏感。液体静压导轨的优点是:①摩擦系数很小(起动摩擦系数可小至 0.0005),可使驱动功率大大降低,运动轻便灵活,低速时无爬行现象;②导轨工作表面不直接接触,基本上没有磨损,能长期保持原始精度,寿命长;③承载能力大,刚度好;④摩擦发热小,导轨温升小;⑤油液具有吸振作用,抗振性好。

静压导轨的缺点是:结构较复杂,需要一套供油设备,油膜厚度不易掌握,调整较困难,这些都影响静压导轨的广泛使用。气体静压导轨是由外界供压设备供给

一定压力的气体将运动件与承导件分开,运动件运动时只存在很小的气体层之间的摩擦,摩擦系数极小,适用于精密、轻载、高速的场合,在精密机械中的应用愈来愈广。

96. 滚珠丝杠传动装置的组成由带螺旋槽的丝杆、螺母、滚动元件、回珠装置组成。

97. 结构:丝杆转动时,带动滚珠螺纹滚道滚动,为阻止滚珠从滚道端面掉出,在螺母的螺旋槽两端设有滚珠回程引导装置构成滚珠的循环返回通道,从而形成滚珠滚动的闭合通路。

98. 应用特点:阻尼小,传动效率高,合理的结构设计,适应大刚度传递,可实现无间隙工作,不能自锁。

99. 单圆弧滚道:结构简单,传递精度由加工质量保证,轴向间隙小,无轴向间隙调整和预紧能力,加工困难,加工精度要求高,成本高,一般在轻载条件下工作。

100. 双圆弧滚道:结构简单,存在轴向间隙,加工质量易于保证,在使用双螺母结构的条件下,具有轴向间隙调整和预紧能力,传递精度高。

101. 高的导向精度,高的耐磨性,足够的刚度,良好的工艺性。

102. 静刚度—抵抗恒定载荷的能力。动刚度—抵抗变载荷的能力。每一类刚度都包括:结构刚度,接触刚度,局部刚度。

103. 滚珠丝杠的循环方式有内循环和外循环。

104. 滚珠丝杆螺母副结构有两类:外循环插管式 内循环反向器式。

105. 滚珠螺旋副中有轴向间隙或在载荷作用下滚珠与滚道接触处有弹性变形,则当螺杆反向转动时,将产生空回误差。为了消除空回误差,在螺杆上装配两个螺母 1 和 2,调整两个螺母的轴向位置,使两个螺母中的滚珠在承受载荷之前就以一定的压力分别压向螺杆螺纹滚道相反的侧面,使其产生一定的变形(图 3-25),从而消除了轴向间隙,也提高了轴向刚度。常用的调整预紧方法有下列三种:垫片调隙式、螺纹调隙式、齿差调隙式。

106. $L = (\theta_p / 360^\circ) N$; $V = (\theta_p / 360^\circ) f$

107. 塑料、聚四氟乙烯具有优良的减摩、耐磨和抗振性能,工作温度适应范围广($-200^\circ\text{C} \sim +280^\circ\text{C}$),静、动摩擦系数都很小,是一种良好的减摩材料。以聚四氟乙烯为基体的塑料导轨性能良好,它是一种在钢板上烧结球状青铜颗粒

并浸渍聚四氟乙烯塑料的板材，导轨板的厚度为 1.5~3mm，在多孔青铜颗粒上面的聚四氟乙烯表层厚为 0.025mm。这种塑料导轨板既有聚四氟乙烯的摩擦特性，又具有青铜和钢铁的刚性与导热性，装配时可用环氧树脂粘接在动导轨上。这种导轨用在数控机床、集成电路制板设备上，可保证较高的重复定位精度和满足微量进给时无爬行的要求。滚动摩擦导轨是在运动件和承导件之间放置滚动体（滚珠、滚柱、滚动轴承等），使导轨运动时处于滚动摩擦状态。滚动摩擦导轨按滚动体的形状可分为滚珠导轨、滚柱导轨、滚动轴承导轨等。与滑动摩擦导轨比较，滚动导轨的特点是：①摩擦系数小，并且静、动摩擦系数之差很小，故运动灵便，不易出现爬行现象；②定位精度高，一般滚动导轨的重复定位误差约为 0.1~0.2 μm，而滑动导轨的定位误差一般为 10~20 μm。因此，当要求运动件产生精确微量的移动时，通常采用滚动导轨；③磨损较小，寿命长，润滑简便；④结构较为复杂，加工比较困难，成本较高；⑤对脏物及导轨面的误差比较敏感。

108. 液体静压导轨的优点是：①摩擦系数很小（起动摩擦系数可小至 0.0005），可使驱动功率大大降低，运动轻便灵活，低速时无爬行现象；②导轨工作表面不直接接触，基本上没有磨损，能长期保持原始精度，寿命长；③承载能力大，刚度好；④摩擦发热小，导轨温升小；⑤油液具有吸振作用，抗振性好。静压导轨的缺点是：结构较复杂，需要一套供油设备，油膜厚度不易掌握，调整较困难，这些都影响静压导轨的广泛使用。气体静压导轨是由外界供压设备供给一定压力的气体将运动件与承导件分开，运动件运动时只存在很小的气体层之间的摩擦，摩擦系数极小，适用于精密、轻载、高速的场合，在精密机械中的应用愈来愈广。

109. 汽车的主要技术含量在车上，公路没有太多技术含量，磁悬浮不同了，研制的最大难关不在车体上，而在轨道上。轨道的技术含量占整个项目至少 7 成。抛开线圈和电控装置不说，光轨道体的设计和建设都对技术要求极高。列车悬浮在仅仅几毫米高的轨道上以 400 公里的速度运行，轨道的一点点起伏对于列车来说都是致命的。

110. 当要求运动件的行程很大或需要简化导轨的设计和制造时，可采用滚珠循环式导轨。为了提高滚动导轨的承载能力和刚度，可采用滚柱导轨或滚动轴承导轨。这类导轨的结构尺寸较大，常用在比较大型的精密机械上。静压螺旋传动与

滑动螺旋和滚动螺旋传动相比,具有下列特点:(1) 摩擦阻力小,效率高(可达 99%)。(2) 寿命长,螺纹表面不直接接触,能长期保持工作精度。(3) 传动平稳,低速时无爬行现象。(4) 传动精度和定位精度高。(5) 具有传动可逆性,必要时应设置防止逆转机构。(6) 需要一套可靠的供油系统,并且螺母结构复杂,加工比较困难。

111. 滑动螺旋传动主要有以下两种基本型式。(1) 螺母固定,螺杆转动并移动:这种传动型式的螺母本身就起着支承作用,从而简化了结构,消除了螺杆与轴承之间可能产生的轴向窜动,容易获得较高的传动精度。缺点是所占轴向尺寸较大(螺杆行程的两倍加上螺母高度),刚性较差。因此仅适用于行程短的情况
- (2) 螺杆转动,螺母移动:这种传动型式的特点是结构紧凑(所占轴向尺寸取决于螺母高度及行程大小),刚度较大。适用于工作行程较长的情况。

112. 1、螺母固定,螺杆转动并移动:这种传动型式的螺母本身就起着支承作用,从而简化了结构,消除了螺杆与轴承之间可能产生的轴向窜动,容易获得较高的传动精度。缺点是所占轴向尺寸较大(螺杆行程的两倍加上螺母高度),刚性较差。因此仅适用于行程短的情况。2、螺杆转动,螺母移动:这种传动型式的特点是结构紧凑(所占轴向尺寸取决于螺母高度及行程大小),刚度较大。适用于工作行程较长的情况。3、差动螺旋传动:设螺杆左、右两段螺纹的旋向相同,且导程分别为 P_{h1} 和 P_{h2} 。当螺杆转动角时,可动螺母 2 的移动距离

为:
$$l = \frac{\varphi}{2\pi}(P_{h1} - P_{h2})$$
。如果 P_{h1} 与 P_{h2} 相差很小,则 L 很小。因此差动螺旋常用于各种微动装置中。若螺杆 3 左、右两段螺纹的旋向

相反,则当螺杆转动角时,可动螺母 2 的移动距离为:
$$l = \frac{\varphi}{2\pi}(P_{h1} + P_{h2})$$
。可见,此时差动螺旋变成快速移动螺旋,即螺母 2 相对螺母 1 快速趋近或离开。这种螺旋装置用于要求快速夹紧的夹具或锁紧装置中。

113. 螺纹参数误差,螺纹的各项参数误差中,影响传动精度的主要是螺距误差、中径误差以及牙型半角误差、螺杆轴向窜动误差、偏斜误差、温度误差。为了提高传动精度,应尽可能减小或消除这些误差。可以通过提高螺旋副零件的制造精度来达到,但单纯提高制造精度会使成本提高。因此,对于传动精度要求较高的精密螺旋传动,除了根据有关标准或具体情况规定合理的制造精度以外,可采取某些结构措施提高其传动精度。由于螺杆的螺距误差是造成螺旋传动误

差的最主要因素,因此采用螺距误差校正装置是提高螺旋传动精度的有效措施之一。

114. 当螺旋机构中存在间隙,若螺杆的转动方向改变,螺母不能立即产生反向运动,

只有螺杆转动某一角度后才能使螺母开始反向运动,这种现象称为空回现象。

115. 对于在正反向传动下工作的精密螺旋传动,空回将直接引起传动误差,必须设法予以消除。

116. 消除空回的方法就是在保证螺旋副相对运动要求的前提下消除螺杆与螺母之间的间隙。利用单向作用、利用调整螺母、轴向调整法、利用塑料螺母消除空回。

117. 1) 偏心轴套调整法 2) 双片薄齿轮错齿调整法

118. 滑动摩擦导轨的运动件与承导件直接接触。其优点是结构简单、接触刚度大;

缺点:摩擦阻力大、磨损快、低速运动时易产生爬行现象。优点:(1) 导向精度高。导向精度是指运动件按给定方向作直线运动的准确程度,它主要取决于导轨本身的几何精度及导轨配合间隙。(2) 运动轻便、平稳、低速时无爬行现象。导轨运动的不平稳性主要表现在低速运动时导轨速度的不均匀,使运动件出现时快时慢、时动时停的爬行现象。(3) 耐磨性好。导轨的初始精度由制造保证,而导轨在使用过程中的精度保持性则与导轨面的耐磨性密切相关。导轨的耐磨性主要取决于导轨的类型和材料、导轨表面的粗糙度及硬度、润滑状况和导轨表面压强的大小。(4) 对温度变化的不敏感性。即导轨在温度变化的情况下仍能正常工作。(5) 足够的刚度。在载荷的作用下,导轨的变形不应超过允许值。刚度不足不仅会降低导向精度,还会加快导轨面的磨损。刚度主要与导轨的类型、尺寸以及导轨材料等有关。(6) 结构工艺性好。导轨的结构应力求简单、便于制造、检验和调整,从而降低成本。

119. 按导轨承导面的截面形状,滑动导轨可分为圆柱面导轨和棱柱面导轨。其中凸形导轨不易积存切屑、脏物,但也不易保存润滑油,故宜作低速导轨,例如车床的床身导轨。凹形导轨则相反,可作高速导轨,如磨床的床身导轨,但需有良好的保护装置,以防切屑、脏物掉入。

1. 采用磨、刮相应的结合面或加垫片的方法,以获得合适的间隙。
2. 采用平镶条调整间隙。
3. 采用斜镶条调整间隙。

120. 设计导轨时, 必须合理确定驱动力的方向和作用点, 使导轨的倾复力矩尽可能小。否则, 将使导轨中的摩擦力增大, 磨损加剧, 从而降低导轨运动灵便性和导向精度, 严重时以至使导轨卡住而不能正常工作。滑动摩擦导轨对温度变化比较敏感。由于温度的变化, 可能使自封式导轨卡住或造成不能允许的过大间隙。
121. 对直线导轨副的基本要求是导向精度高 耐磨性好 足够的刚度 对温度变化的不敏感性和平稳。
122. 1. 合理选择导轨的材料及热处理
2. 减小导轨面压强
3. 保证导轨良好的润滑
4. 提高导轨的精度
123. 与滑动摩擦导轨比较, 滚动导轨的特点是: ①摩擦系数小, 并且静、动摩擦系数之差很小, 故运动灵便, 不易出现爬行现象; ②定位精度高, 一般滚动导轨的重复定位误差约为 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$, 而滑动导轨的定位误差一般为 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 。因此, 当要求运动件产生精确微小的移动时, 通常采用滚动导轨; ③磨损较小, 寿命长, 润滑简便; ④结构较为复杂, 加工比较困难, 成本较高; ⑤对脏物及导轨面的误差比较敏感。
124. 对转换后的电信号进行测量, 并进行放大、运算、转换、记录、指示、显示等处理。
125. 变频器是利用电力半导体器件的通断作用将工频电源变换为另一频率的电能控制装置, 能实现对交流异步电机的软启动、变频调速、提高运转精度、改变功率因素以及过流/过压/过载保护等功能。
126. 变频调速是指采用改变电机通电频率的方式来改变电机的转速的调速方式。
127. 响应特性: 指的是输出量跟随输入指令变化的反应速度, 决定了系统的工作效率。
128. 敏感元件是直接可以感受被测量的变化, 并输出与被测量成确定关系的元件。
129. 传感器是一种以一定的精确度把被测量转换为与之有确定对应关系的, 便于应用的某种物理量的测量装置。
130. 传感器的功用是: 一感二传。
131. 组成: 传感器一般是由敏感元件、传感元件和转换电路三部分组成。
- 敏感元件: 直接可以感受被测量的变化, 并输出与被测量成确定关系的元件。

转换元件：敏感元件的输出就是转换元件的输入，它把输入转换成电路参量。

基本转换电路：上述的电路参量进入基本转换电路中，就可以转换成电量输出。

传感器只完成被测参数到电量的基本转换。

132. 传感器的分类方法有如下几种：按用途、工作原理、变换原理、输出信号性质分类。

133. 数字式位移传感器有光栅、磁栅、感应同步器等，它们的共同特点是利用自身的物理特征，制成直线型和圆形结构的位移传感器，输出信号都是脉冲信号，每一个脉冲代表输入的位移当量，通过计数脉冲就可以统计位移的尺寸。

134. 感应同步器是一种应用电磁感应原理制造的高精度检测元件有直线和圆盘式两种，分别用作检测直线位移和转角。

135. 光电式转速传感器是一种角位移传感器，由装在被测轴(或与被测轴相连接的输入轴)上的带缝隙圆盘、光源、光电器件和指示缝隙盘组成，如图所示。光源发生的光通过缝隙圆盘和指示缝隙照射到光电器件上。当缝隙圆盘随被测轴转动时，由于圆盘上的缝隙间距与指示缝隙的间距相同，因此圆盘每转一周，光电器件输出与圆盘缝隙数相等的电脉冲，根据测量单位时间内的脉冲数 N ，则可测出转速。

136. 主要由光耦合器的光电转换元件输入电路，光源，光敏元件，输出放大电路组成。

137. 主要作用：1) 可将输入输出两部分的供电电源和电路的地线分离。2) 可进行电平转换，实现要求的电平输出，从而具有初级功率放大作用。3) 提高对负载的驱动能力。

138. 隔离放大器中采用的耦合方式主要有两种变压器隔离、光电隔离。

139. 1、体积小，重量轻，适应性好。2、精度和灵敏性高，响应快，稳定性好，信噪比高。3、安全可靠，寿命长。4、便于与计算机对接。5、不易受被检测对象和外部环境的影响。6、环境适应能力强。7、现场安装处理简单，操作方便。8、价格便宜。

140. 工作原理是利用惯性质量受加速度所产生的惯性力而造成的各种物理效应，进一步转化成电量，间接度量被测加速度。最常用的有应变式、压电式、电磁感应式等。

141. 传感器变换的被测量的数值处在稳定状态时，传感器的输入/输出关系称为传

传感器的静态特性。

142. 描述传感器静态特性的主要技术指标是：线性度、灵敏度、迟滞、重复性、分辨率和零漂。

143. 检测传感器是一种以一定的精确度把被测量转换为与之有确定对应关系的，便于应用的某种物理量的测量装置。

144. 测试传感部分的作用：对系统运行中所需要的本身和外界环境的各种参数及状态进行检测，传输到信息处理单元，经分析处理后产生控制信息。

145. 复合控制器带有前馈控制系统的反馈控制器。

146. 复合控制器的作用是使系统能以稳定的零误差跟踪已知的输入信号。

147. 可编程控制器有两种基本的工作状态，即运行（RUN）和停止（STOP）状态。

不管是在哪种状态，PLC 都是反复不断地重复进行，直至 PLC 停机。在每次循环中，若处于运行（RUN）状态，可编程控制器完成 5 个阶断，如图所示。



50 / 56 若处于停止（STOP）状态，PLC 也要循环进行内部处理和通信服务。

148. 可编程控制器主要由 CPU、存储器、接口模块等其它辅助模块组成。

149. 变流器中开关器件的开关特性决定了控制电路的功率、响应速度、频带宽度、可靠性等指标。

150. 某些电解质，当沿着一定的方向对它施加力而使它产生变形时，内部就会产生极化现象，同时在它的两个表面上将产生符号相反的电荷。当外力去掉后，它又重新恢复到不带电的状态，这种现象被称为压电效应。

151. 逆变器是将直流电变成交流电的电路。

152. 敏感元件是一种能够将被测量转换成易于测量的物理量的预变换装置。

传感元件是将敏感元件输出的非电物理量转换成电信号（如电阻、电感、电容等）形式。

基本转换电路将电信号量转换成便于测量的电量，如电压、电流、频率等。

153. 通用微型计算机的核心部件为可编程控制器和工业计算机。

154. 构成：控制系统以通用微型计算机为核心，设计专用或选用通用的集成 IC 芯片，接口电路，执行元件，传感器，以及相互合理匹配元件，组成具有较好通用能力的控制器。软件采用通用平台软件系统。

155. 特点：具有可靠性高，适应性强，但成本高，应采取一定的抗干扰措施等特点。适用于多品种，中小批量生产的机电一体化产品。

156. 核心部件为：单片机和单板机。

157. 构成：由专用 IC 芯片、接口电路、执行元件、传感器相互合理匹配成专用控制器。

158. 特点：软件采用专用机器代码或语言，可靠性强、成本低、但适应能力差，用于大批量生产的机电一体化产品。

159. 为了提高 CPU 的效率和使系统具有良好的实时性，采用中断方式 CPU 就不必花费大量时间去查询各外围设备的状态了。而且当外围设备需要请求服务时，向 CPU 发出中断请求，CPU 响应外围设备中断，停止执行当前程序，转去执行一个外围设备服务的程序，中断处理完毕，CPU 又返回来执行原来的程序。

160. 串行通信是数据按位进行传送的。在传输过程中，每一位数据都占据一个固定的时间长度，一位一位的串行传送和接收。

161. 串行通信又分为全双工方式和半双工方式、同步方式和异步方式。

162. 当失压和欠压时，接触器线圈的电磁吸引力消失或不足，接触器触点释放，断开控制线路，从而使电动机主电路断开。

163. （1）能保护系统元件不受高共模电压的损害，防止高压对低压信号系统的损坏。（2）泄漏电流低，对于测量放大器的输入端无须提供偏流返回通路。（3）共模抑制比高，能对直流和低频信号（电压或电流）进行准确、安全的测量。利用光电耦合方式实现载波调制，可获得 10kHz 带宽，但其隔离性能不如变压器耦合。

164. 1、惯量小，动力大。2、体积小，重量轻。3、安装方便，便于维护。4、易

于实现自动化控制。

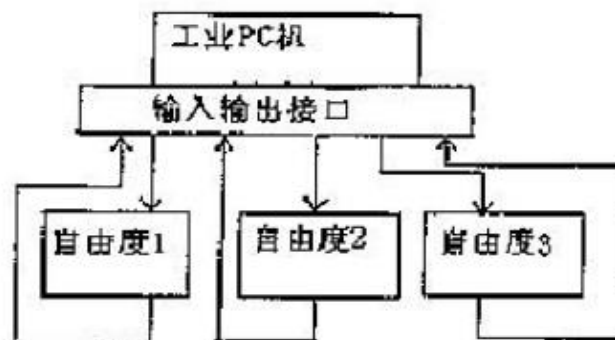
165. 两种不同材料组成的热电偶,其接点温度为 T_1 和 T_2 ,两者之间的热电势 $E(1, 2)$ 等于热电偶在连接点温度为 T_1 和 T_3 的电势与 T_3 和 T_2 的电势之和。即 $E(1, 2) = E(1, 3) + E(3, 2)$

166. 热电偶参比端(冷端)处理。实际使用中给出的分度表里,热电势和温度的对应值是以冷端为零度时来制定的。但在实际中冷端往往不零度,这就要对冷端进行处理: 1、冰点法精度最高,将冰水混合物放在保温瓶中,再把细玻璃试管插入冰水化合物中,在试管底部注入适量油类或水银。热电偶的参比端就放在这里。2、热电势修正法在没有条件实现冰点法时,可以设法把参比端置于稳定的恒温条件中,再根据中间温度定律公式,来计算实际温度。3 冷端补偿器法许多工业生产的过程中以上两个条件都无法满足,所以在电偶回路中接入补偿器来自动补偿。冷端补偿器是一个不平衡电桥,其中多数电阻温度系数都趋于零,有一个电阻为热敏电阻,随温度改变阻值改变。实际上补偿电桥与热电偶回路的热电曲线不同,所以在任意温度下都完全补偿是不太现实的。所以实际上只有在平衡点温度和计算点温度下可以得到完全补偿。其它温度下都只能得到近似的补偿,即附加误差。4、补偿导线法用补偿导线把热电偶的冷端移到离被测介质较远温度比较稳定的场合。

167. 齿轮传动链位于电机之后,前向通道的闭环之外,其传动误差的低频分量和高频分量都不能通过闭环控制来消除,都会影响输出精度。

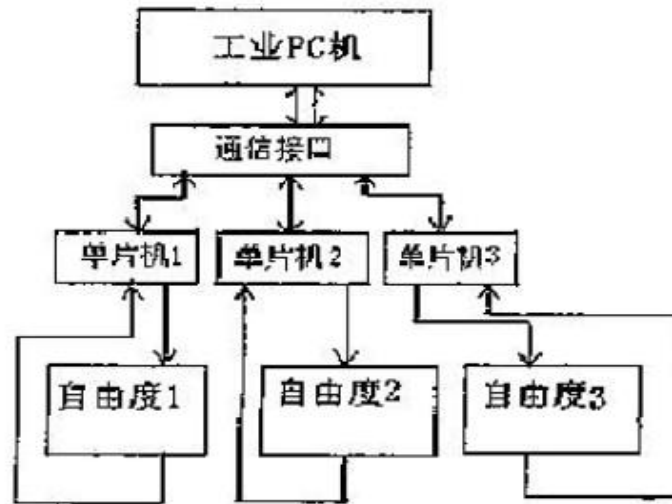
168. 可以使用工业 PC 机或者单片机完成系统的控制。具体可以有下三种方案:

(1) 工业 PC 机集中控制方案: 用一台工业 PC 机对三个自由度实现集中控制,包括任务管理和三个自由度的伺服控制,系统原理图如下。

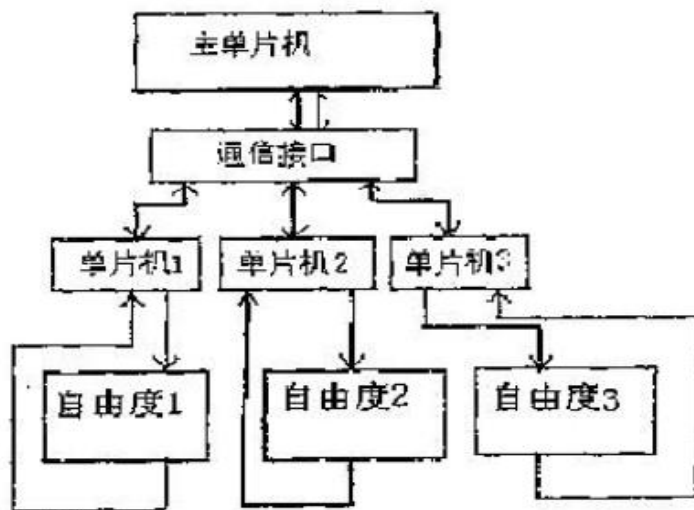


(2) 工业 PC 机、单片机分级控制方案: 用一台工业 PC 机与三个单片机通信,对三个单片机实现管理,每个单片机负责一个自由度的伺服控制,控制系统原理图如

下。



(3) 单片机分级控制方案：用一个单片机作为主单片机与三个从单片机通信，对三个从单片机实现管理，每个从单片机负责一个自由度的伺服控制，控制系统原理图如下。



评分标准：正确回答出三种方案之中的任意两个即可得满分。

169. 0.02

170. 1.6mV

171. 20mm

172. 光栅此时的位移

细分前 4mm， 细分后 1mm

测量分辨率：

细分前 0.01 mm/线 细分后：0.025

173. (1) 当 $\varepsilon = 2 \mu \varepsilon$ 时,

$$\Delta R/R = K_0 \varepsilon = 2 \times 10^{-6}$$

单臂工作时, 输出电压 $U_0 = R_1 R_2 (\Delta R/R)$ $U_0 / (R_1 + R_2) = 4.8 \times 10^{-4} \text{v}$

双臂工作时, 输出电压 $U_0 = 2R_1 R_2 (\Delta R/R)$ $U_0 / (R_1 + R_2) = 9.6 \times 10^{-4} \text{v}$

全臂工作时, 输出电压 $U_0 = 4R_1 R_2 (\Delta R/R)$ $U_0 / (R_1 + R_2) = 19.2 \times 10^{-4} \text{v}$

单臂工作, 双臂工作, 全臂工作时

灵敏度的比值为 1: 2: 4

(2) 当 $\varepsilon = 1000 \mu \varepsilon$ 时,

$$\Delta R/R = K_0 \varepsilon = 2 \times 10^{-3}$$

单臂工作时, 输出电压 $U_0 = R_1 R_2 (\Delta R/R)$ $U_0 / (R_1 + R_2) = 0.48 \text{v}$

双臂工作时, 输出电压 $U_0 = 2R_1 R_2 (\Delta R/R)$ $U_0 / (R_1 + R_2) = 0.96 \text{v}$

全臂工作时, 输出电压 $U_0 = 4R_1 R_2 (\Delta R/R)$ $U_0 / (R_1 + R_2) = 1.92 \text{v}$

单臂工作, 双臂工作, 全臂工作时

灵敏度的比值为 1: 2: 4

174. $S = d_y/d_x = (2.5 - 3.5) / (5.0 - 4.5) \text{ V/mm} = -2 \text{V/mm}$

175. 光栅根据制造方法和光学原理不同可划分为: 透射光栅、反射光栅。

176. 伺服系统设计包括: 静态设计和动态设计。

177. 步进电动机可分为永磁式、可变磁阻式、混合式。

178. 直流伺服电机选型需要满足惯量匹配原则和容量匹配原则。

179. 谐波齿轮由刚轮、柔轮、波形发生器三个主要构件组成。

180. PLC 的一个扫描周期内, 程序执行分为三个阶段: 输入采样、程序执行、输出刷新。

181. PAD 图又称问题分析图。

182. 机电一体化系统中, 检测系统所测试的物理量一般包括: 温度、流量、功率、位移、速度、加速度、力等。

183. 很多检测元件如热敏电阻、光敏管、应变片等具有不同程度的非线性特性, 这使较大范围的动态检测存在着很大的误差。方法有三种: 算法法、查表法和插值法算法。当输出电信号与传感器的参数之间有确定的数字表达式时, 就可采用算法法进行非线性补偿。即在软件中编制一段完成数字表达式计算的程序, 被测参数经过采样、滤波和标度变换后直接进入计算机程序进行计算, 计算后

的数值即为经过线性化处理的输出参数。查表法：所谓查表法，就是把事先计算或测得的数据按一定顺序编制成表格，查表程序的任务就是根据被测参数的值或者中间结果，查出最终所需要的结果。

184. $4\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

185. 取暖器的温度检测是用热敏电阻来进行感温的，它串接在电路中当温度超过一定值时其电阻发生变化引起控制电路动作从而对主电路进行控制。

186. 电阻应变式传感器的工作原理是电阻应变效应。

187. 导体或半导体材料在外力作用下产生机械形变时，其电阻值随着发生变化的现象，称为电阻应变效应。

188. 定量分析： $R = \rho L / A$

当金属丝受拉时，长度变化为 ΔL ，面积变化为 ΔA ，则电阻的

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta L}{L} - \frac{\Delta A}{A}$$

因为 $A = \frac{\pi d^2}{4}$ ，所以 $\frac{\Delta A}{A} = 2 \frac{\Delta d}{d}$

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta L}{L} (1 + 2\mu) + \frac{\Delta \rho}{\rho} = (1 + 2\mu + \frac{\Delta \rho / \rho}{\Delta L / L}) \frac{\Delta L}{L} = K_0 \varepsilon$$

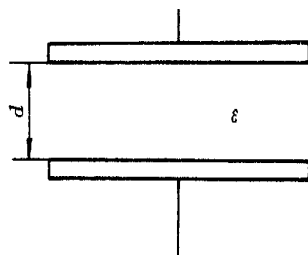
K_0 为金属电阻丝的应变灵敏度系数，它表示单位应变所引起的电阻相对变化。

影响因素： 1) 几何尺寸 2) 材料的电阻率。

189. 热电偶在两接点温度 t 、 t_0 时的热电动势等于该热电偶在接点温度为 t 、 t_n 和 t_0 、

t_n 时的相应热电动势的代数和。中间温度定律为补偿导线的使用提供了理论依据。它表明：若热电偶的两热电极被两根导体延长，只要接入的两根导体组成热电偶的热电特性与被延长的热电偶的热电特性相同，且它们之间连接的两点温度相同，则总回路的热电动势与连接点温度无关，只与延长后的热电偶两端的温度有关。

190. 设两极板相互覆盖的有效面积为 A ，两极板间的距离为 d ，极板间介质的介电常数为 ε ，在忽略极板边缘影响的条件下，平板电容器的电容 C 为：



电容式传感器分为三种：改变极板面积的变面积式；改变极板距离的变间隙式；改变介电常数的变介电常数。它结构简单、灵敏度高，动态响应特性好、适应性强、抗过载能力大、价格便宜，一般可用于测量压力、力、位移、振动、液位等。

191. 热电偶的输出一般为 40mV，数字式传感器输出一般为 5V。
192. 干扰必须通过一定的耦合通道或传输途径才能对检测装置的正常工作造成不良的影响。造成系统不能正常工作的干扰形成需要具备三个条件：①干扰源；②对干扰敏感的接收电路；③干扰源到接收电路之间的传输途径。
193. 抑制技术、屏蔽技术、接地技术、浮空技术、隔离技术、滤波器、软件干扰抑制技术。
194. I/O 接口与 I/O 通道是计算机主机与外部连接的桥梁，常用的 I/O 接口有并行接口和串行接口。I/O 通道有模拟量 I/O 通道和数字量 I/O 通道。其中模拟量 I/O 通道的作用是，一方面将经由传感器得到的工业对象的生产过程参数变换成二进制代码传送给计算机；另一方面将计算机输出的数字控制量变换为控制操作执行机构的模拟信号，以实现了对生产过程的控制。数字量通道的作用是，除完成编码数字输入输出外，还可将各种继电器、限位开关等的状态通过输入接口传送给计算机，或将计算机发出的开关动作逻辑信号经由输出接口传送给生产机械中的各个电子开关或电磁开关。
195. 人机接口（HMI）是操作者与机电系统（主要是控制微机）之间进行信息交换的接口，主要完成输入和输出两方面的工作。
196. 接口的基本功能主要有：数据格式转换、通信联络、放大。
197. 控制方式：程序控制方式、中断控制方式、直接存储器存取方式。
198. 编址方式：独立编址、与存储器统一编址。
199. I/O 通道也称为过程通道。它是计算机和控制对象之间信息传送和变换的连接通道。

200. 串行通信是数据按位进行传送的。在传输过程中，每一位数据都占据一个固定的时间长度，一位一位的串行传送和接收。串行通信又分为全双工方式和半双工方式、同步方式和异步方式。

201. 系统软件：系统软件是由计算机的制造厂商提供的，用来管理计算机本身的资源和方便用户使用计算机的软件。

202. 通信协议是指通信双方就如何交换信息所建立的一些规定和过程，包括逻辑电平的定义、应用何种物理传输介质、数据帧的格式、通信站地址的确定、数据传输方式等。

203. (1) 数字量 (2) 模拟量 (3) 开关量 (4) 脉冲量

204. 输入工作方式：(1) 直通方式 (2) 单缓冲方式 (3) 双缓冲方式

205. (1) 单极性输出 (2) 双极性输出

206. 所谓的“变频空调”是与传统的“定频空调”相比较而产生的概念。众所周知，我国的电网电压为 220 伏、50 赫兹，在这种条件下工作的空调称之为“定频空调”。由于供电频率不能改变，传统的定频空调的压缩机转速基本不变，依靠其不断地“开、停”压缩机来调整室内温度，其一开一停之间容易造成室温忽冷忽热，并消耗较多电能。而与之相比，“变频空调”变频器改变压缩机供电频率，调节压缩机转速。依靠压缩机转速的快慢达到控制室温的目的，室温波动小、电能消耗少，其舒适度大大提高。而运用变频控制技术的变频空调，可根据环境温度自动选择制热、制冷和除湿运转方式，使居室在短时间内迅速达到所需要的温度并在低转速、低能耗状态下以较小的温差波动，实现了快速、节能和舒适控温效果。供电频率高，压缩机转速快，空调器制冷（热）量就大；而当供电频率较低时，空调器制冷（热）量就小。这就是所谓“定频”的原理。变频空调的核心是它的变频器，变频器是 20 世纪 80 年代问世的一种高新技术，它通过对电流的转换来实现电动机运转频率的自动调节，把 50Hz 的固定电网频率改为 30~130Hz 的变化频率，使空调完成了一个新革命。同时，还使电源电压范围达到 142V 至 270V，彻底解决了由于电网电压的不稳定而造成空调器不能正常工作的难题。变频空调每次开始使用时，通常是让空调以最大功率、最大风量进行制热或制冷，迅速接近所设定的温度。由于变频空调通过提高压缩机工作频率的方式，增大了在低温时的制热能力，最大制热量可达到同级别空调器的 1.5 倍，低温下仍能保持良好的制热效果。此外，一般的分体机只

有四档风速可供调节，而变频空调器的室内风机自动运行时，转速会随压缩机的工作频率在 12 档风速范围内变化，由于风机的转速与空调器的能力配合较为合理，实现了低噪音的宁静运行。当空调高功率运转，迅速接近所设定的温度后，压缩机便在低转速、低能耗状态运转，仅以所需的功率维持设定的温度。这样不但温度稳定，还避免了压缩机频繁地开开停停所造成的对寿命的衰减，而且耗电量大大下降，实现了高效节能。“变频空调”采用了比较先进的技术，启动时电压较小，可在低电压和低温度条件下启动，这对于某些地区由于电压不稳定或冬天室内温度较低而空调难以启动的情况，有一定的改善作用。由于实现了压缩机的无级变速，它也可以适应更大面积的制冷制热需求。

207. PLC、PC、总线工控机

208. 1、I/O 接口独立编址方式：这种编址方式是将存储器地址空间和 I/O 接口地址空间分开设置，互不影响。设有专门的输入指令（IN）和输出指令（OUT）来完成 I/O 操作；

2、I/O 接口与存储器统一编址方式：这种编址方式不区分存储器地址空间和 I/O 接口地址空间，把所有的 I/O 接口的端口都当作是存储器的一个单元对待，每个接口芯片都安排一个或几个与存储器统一编号的地址号。也不设专门的输入/输出指令，所有传送和访问存储器的指令都可用来对 I/O 接口操作。

两种编址方式有各自的优缺点：独立编址方式的主要优点是内存地址空间与 I/O 接口地址空间分开，互不影响，译码电路较简单，并设有专门的 I/O 指令，所编程序易于区分，且执行时间短，快速性好。其缺点是只用 I/O 指令访问 I/O 端口，功能有限且要采用专用 I/O 周期和专用的 I/O 控制线，使微处理器复杂化。统一编址方式的主要优点是访问内存的指令都可用于 I/O 操作，数据处理功能强；同时 I/O 接口可与存储器部分公用译码和控制电路。其缺点是：I/O 接口要占用存储器地址空间的一部分；因不用专门的 I/O 指令，程序中较难区分 I/O 操作。

209. A / D 接口的功能是将温度、压力等物理量经传感器变成的电压、电流等信号转换为数字量。

210. D / A 接口是将二进制数字量转换成电压信号。

211. 模拟式传感器信号处理过程包括：将非电物理量转换成电量，并经放大、滤波等一系列处理后，需经模/数变换将模拟量变成数字量，才能送入计算机系统。

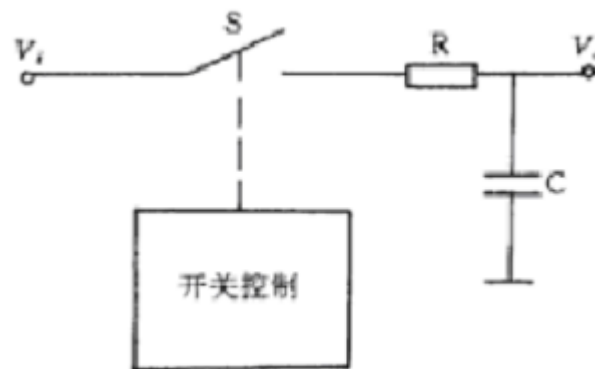
模/数转换过程包括信号的采样/保持、多路转换（多传感器输入时）、A/D 处

理等过程。

212. 由于任何一种 A/D 转换器都需要有一定时间来完成量化及编码操作，因此，在转换过程中，模拟量不能发生变化，否则，将直接影响转换精度。采样/保持器（Sample/Hold）就是使在 A/D 转换时，保证输入 A/D 转换器的模拟量不发生变化。模拟输入通道中不一定非得采用采样/保持器。当输入的模拟量信号变化缓慢时，也可省去采样/保持器。

213. 采样/保持器在保持阶段相当于一个“模拟信号”。

214. 采样/保持器由存储电容 C，模拟开关 S 等组成，如图所示。



当 S 接通时，输出信号跟踪输入信号，称采样阶段。当 S 断开时，电容 C 二端一直保持断开的电压，称保持阶段。由此构成一个简单采样/保持器。实际上为使采样/保持器具有足够的精度，一般在输入级和输出级均采用缓冲器，以减少信号源的输出阻抗，增加负载的输入阻抗。在电容选择时，使其大小适宜，以保证其时间常数适中，并选用漏泄小的电容。

$$5V = 2^{12} = 4096$$

$$q = \frac{4096}{5}$$

215. $0V = \frac{4096}{2} = 2048$

$$1V = (1 - (-2.5)) * 4096 = 2868(\text{十进制})$$

216. 量化单位 $q = 1V$ ， 量化误差最大值 $e_{\max} = \pm 0.5V$ 。

217. 4°C $\pm 2^{\circ}\text{C}$

218. 一个微机系统中有多个外围设备采用查询式 I/O 方式交换信息时，CPU 应采用分时控制方式，逐一查询，逐一服务，其工作原理如下：每个外围设备提供一

个或多个状态信息，CPU 逐次读入并测试各个外围设备的状态信息，若该外围设备请求服务(请求交换信息)，则为之服务，然后清除该状态信息，否则，跳过，查询下一个外围设备的状态。各外围设备查询完一遍后，再返回从头查询起，直到发出停止命令为止。但是在查询式 I/O 方式下，CPU 要不断地读取状态字和检测状态字，不管哪个外围设备是否有服务请求，都必须一一查询，许多次的重复查询，可能都是无用的，而又占去了 CPU 的时间，效率较低。为了提高 CPU 的效率和使系统具有良好的实时性，可以采用中断控制 I/O 方式。采用中断方式 CPU 就不必花费大量时间去查询各外围设备的状态了。而当外围设备需要请求服务时，向 CPU 发出中断请求，CPU 响应外围设备中断，停止执行当前程序，转去执行一个外围设备服务的程序，此服务程序称为中断服务处理程序，或称中断服务子程序。中断处理完毕，CPU 又返回来执行原来的程序。

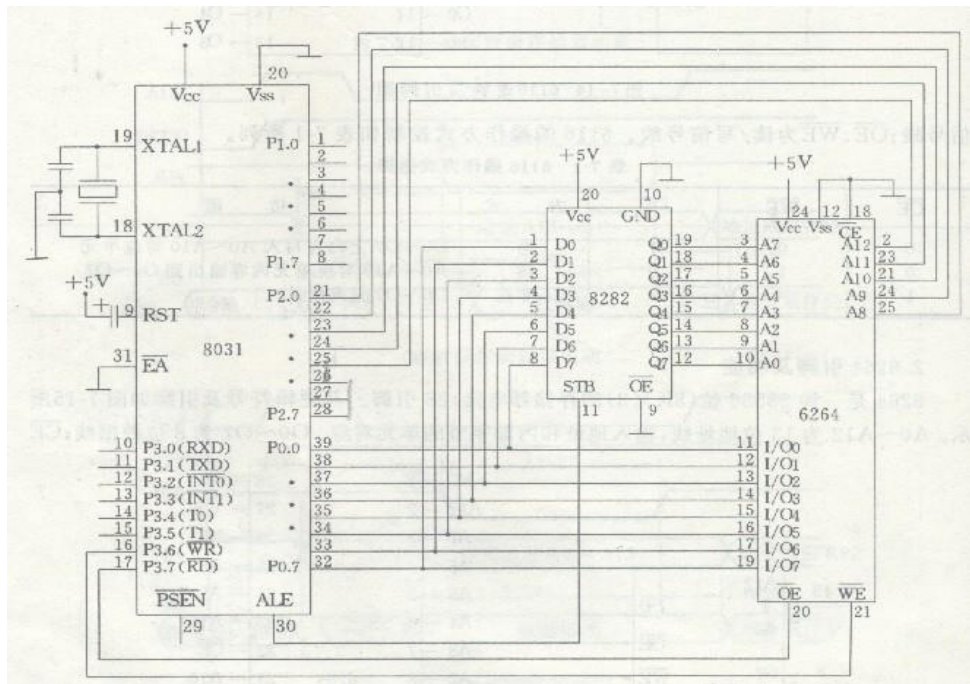
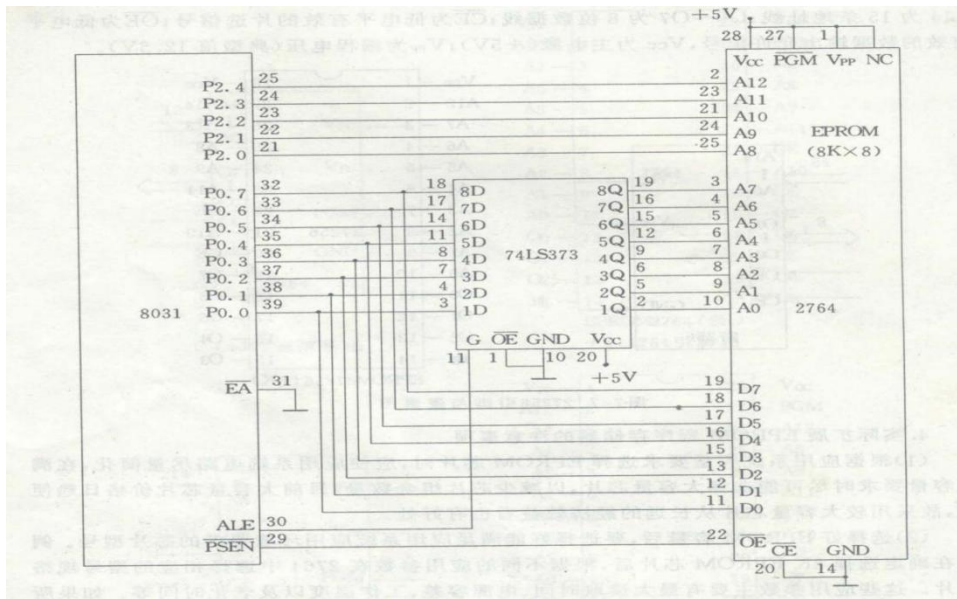
219. 当输出电信号与传感器的参数之间有确定的数字表达式时，就可采用算法进行非线性补偿。即在软件中编制一段完成数字表达式计算的程序，被测参数经过采样、滤波和标度变换后直接进入计算机程序进行计算，计算后的数值即为经过线性化处理的输出参数。在实际工程上，被测参数和输出电压常常是一组测定的数据。这时如仍想采用算法进行线性化处理，则可应用数字上曲线拟合的方法对被测参数和输出电压进行拟合，得出误差最小的近似表达式。

220. 在微机控制系统中，主机和外围设备间所交换的信息通常分为数据信息、状态信息和控制信息。

221. 现在常用的总线工控机有 STD 总线工业控制机、PC 总线工业控制机和 CAN 总线工业控制机等。

222. 缓冲器主要是用于把一些需要输入或输出的数据由于 CPU 或外设来不及处理的数据传送到缓冲器保存起来。

223. 地址范围：0000H~1FFFH



224.

图二

地址范围：0000H~1FFFH

225. 都是 16 位处理器。

共同点：(1) 内部均由 EU、BIU 组成，结构基本相同。

(2) 寄存器等功能部件均为 16 位。

(3) 内部数据通路为 16 位。

(4) 指令系统相同。

不同点: (1) 对外数据总线 8086 为 16 位, 8088 为 8 位。

(2) 指令队列 8086 为 6 级, 8088 为 4 级。

226. 1. (AX) = 3200H

2. (AX) = 0E00H

3. (31200H) = 2000H

4. (300FEH) = 2000H, (SP) = 00FEH

5. (31200H) = 4FH

6. (31200H) = 0FDB0H

7. (31202H) = 0FBH

8. (31203H) = 21H

9. (DX) = 121EH, (AX) = 0E000H

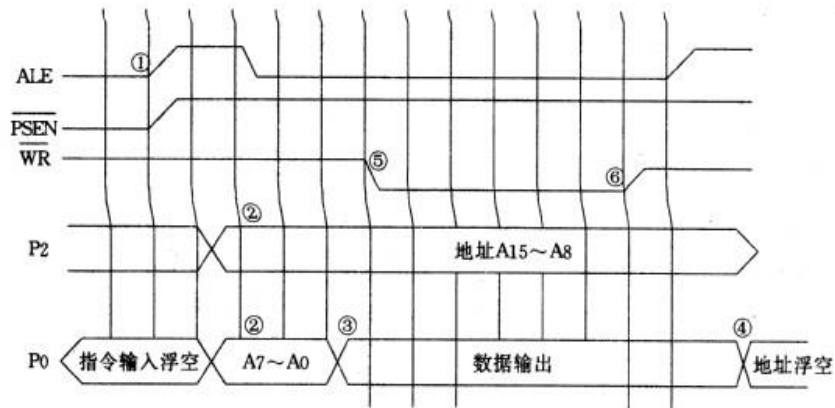
10. 溢出

227. (1) 8086/8088 在当前指令执行完且 IF=1 的情况下可以响应一个外部 INTR 中断请求。

(2) 中断向量表在存储器的 0 段 0000—03FFH 区域, 向量表存放中断处理程序的入口地址。

(3) 8086/8088 响应 INTR 中断请求时, 首先在连续的两个总线周期中发出 INTA#负脉冲, 在第二个 INTA#信号期间, 中断源经数据总线向 8086/8088 送出一字节中断向量“类型码”。8086/8088 收到“类型码”后将其乘 4 形成中断向量表的入口, 从此地址开始的 4 个单元中读出中断服务程序的入口地址 (IP、CS), 8086/8088 从此地址取指令执行, 将控制转向中断服务程序。

228. (1) 是指 8086 对片外的存储器或 I/O 接口进行了一次访问, 读写数据或取指令。(2) 基本总线周期由 4 个时钟周期组成, 分别记为 T1、T2、T3、T4。(3) 地址信号、ALE 信号在 T1 周期内产生, RD#信号在 T2 周期内产生, 数据信号一般在 T3 内产生, 若 T3 来不及提供数据, 可在某 T_w 内产生有效数据。



(b) 片外数据存储写时序

```

START: MOV  TMOD, #06H  ;设置 T0 为模式 2,外部计数方式
      MOV  TH0, #0FFH  ;T0 计数器初值
      MOV  TL0, #0FFH
      SETB TR0          ;启动 T0 计数
LOOP1: JBC  TF0,PTFO1   ;查询 T0 溢出标志,TF0=1 时转移,且 TF0=0(即查 P3.4 负跳变)
      SJMP LOOP1
PTFO1: CLR  TR0         ;停止计数
      MOV  TMOD, #02H  ;设置 T0 为模式 2,定时方式
      MOV  TH0, #06H   ;T0 定时 500 μs 初值
      MOV  TL0, #06H
      CLR  P1.0        ;P1.0 清 0
      SETB TR0         ;启动定时 500 μs
LOOP2: JBC  TF0,PTFO2   ;查询溢出标志,定时到 TF0=1 转移,且 TF0=0(第一个 500 μs 到否?)
      SJMP LOOP2
PTFO2: SETB P1.0       ;P1.0 置 1(到了第一个 500 μs)
      CLR  TR0         ;停止计数
      SJMP START

```

229.

230.1) ALE: 地址锁存信号; PSEN: 程序存储器访问信号, 低电平有效;

WR : 数据存储器写信号低电平有效; RD: 数据存储器读信号低电平有效。

2) 8031 是单片机完成对系统的控制; 74LS373 是地址锁存器, 锁存地址的低 8 位, 2764 是 EPROM8K, 6264 是 RAM8K。

3) 2764 的地址范围: 8000H9FFFH;

6264 的地址范围: 4000H5FFFH。

231. 1): $1\mu s$ 2): 45535 3): 0B1E0H 4): TH0: 0B1H、TL0: 0E0H

232. HBCD: MOV B, #100;

DIV AB;

MOV 32H, A;

MOV A, #10;

XCH A, B;

DIV AB;

SWAP A;

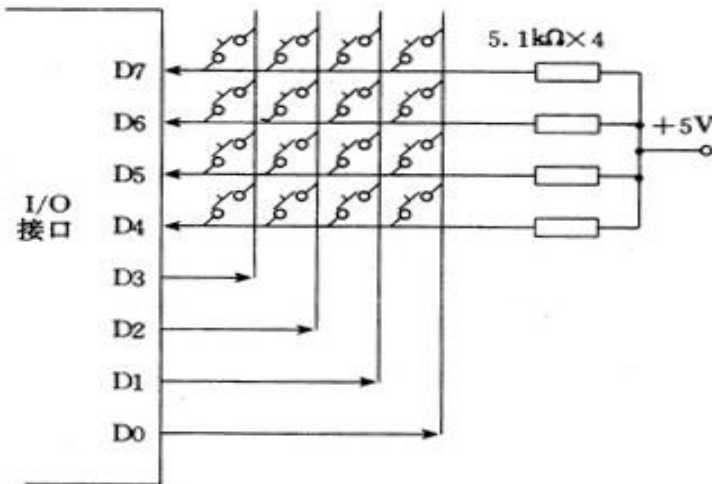
MOV 31H, A;

MOV 30H, B

RET

233. 5 个中断源, INT0, INT1, T0, T1, 串行口中断; 每个中断源都可以定义为高级中断, 通过 IP 中断优先级控制寄存器来设置。

234. 采用 8255A 应先对其进行初始化, 规定其输出输入口等, 先向所有列线输低电平然后读及行线状态到 A 若没有键按下则行线至少一根为 0。当确认键按下后进行求键码, 即依次从一条列线上输入低电平然后检查各行线的状态, 若全为高电平说明闭合键不在该列, 若不全为 1 则闭合键在该列, 且在变为低电平的行的交点上。



235. 伺服控制系统是一种能够跟踪输入的指令信号进行动作, 从而获得精确的位置、速度及动力输出的自动控制系统。

236. 机电一体化的伺服控制系统的结构、类型繁多, 但从自动控制理论的角度来分析, 伺服控制系统一般包括控制器、被控对象、执行环节、检测环节、比较环节等五部分。

237. 1、性能密度大。 2、快速响应性好。 3、位置控制与速度控制精度高，调速范围大，低速平稳性好，分辨率高以及振动噪音小。 4、能适应频繁启动，可靠性高，寿命长。 5、易于与计算机对接，实现计算机控制。

238. 机电一体化机械系统应具有良好的伺服性能，要求机械传动部件转动惯量小、阻力合理、阻尼合理 刚度大 抗振性好 间隙小并满足小型、轻量等要求。

239. 伺服控制系统一般包括控制器、被控对象、执行环节、检测环节、比较环节等五个部分。比较环节是将输入的指令信号与系统的反馈信号进行比较，以获得输出与输入间的偏差信号，通常由专门的电路或计算机来实现；控制器通常是计算机或 PID 控制电路；其主要任务是对比较元件输出的偏差信号进行变换处理，以控制执行元件按要求动作；执行元件按控制信号的要求，将输入的各种形式的能量转化成机械能，驱动被控对象工作，机电一体化系统中的执行元件一般指各种电机或液压、气动伺服机构等。被控对象是指被控制的机构或装置，是直接完成系统目的的主体，一般包括传动系统、执行装置和负载；检测环节指能够对输出进行测量，并转换成比较环节所需要的量纲的装置，一般包括传感器和转换电路。

240. 伺服电动机是一种能够跟踪输入的指令信号进行动作，从而获得精确的位置、速度及动力输出电动机。

241. 伺服控制系统是一种能够跟踪输入的指令信号进行动作，从而获得精确的位置、速度及动力输出的自动控制系统。

242. 1) 比较环节；2) 控制器；3) 执行环节；4) 被控对象；5) 检测环节。

243. 步进电动机的驱动电路由脉冲信号发生器、分频器、脉冲分配器和脉冲放大器组成。

244. 步进电动机又称电脉冲马达，是通过脉冲数量决定转角位移的一种伺服电动机，成本较低，易于采用计算机控制，且比直流/交流电动机组成的开环控制系统精度高，因而被广泛应用于开环控制的伺服系统中。步进电动机驱动电路实际上是一个功率开关电路，为使步进电动机能输出足够的转矩以驱动负载工作，提供的足够功率的控制信号。

245. 单电源驱动电路、双电源驱动电路、斩波限流驱动电路

246. 参考脉冲序列、转速与参考脉冲频率成正比、输出轴转向由转向电平决定、位置由位置电平决定。

247. 直流伺服电动机的控制方式主要有两种：一种是电枢电压控制，即在定子磁场不变的情况下，通过控制施加在电枢绕组两端的电压信号来控制电动机的转速和输出转矩；另一种是励磁磁场控制，即通过改变励磁电流的大小来改变定子磁场强度，从而控制电动机的转速和输出转矩。采用电枢电压控制方式时，由于定子磁场保持不变，其电枢电流可以达到额定值，相应的输出转矩也可以达到额定值，因而这种方式又被称为恒转矩调速方式。而采用励磁磁场控制方式时，由于电动机在额定运行条件下磁场已接近饱和，因而只能通过减弱磁场的方法来改变电动机的转速。由于电枢电流不允许超过额定值，因而随着磁场的减弱，电动机转速增加，但输出转矩下降，输出功率保持不变，所以这种方式又被称为恒功率调速方式。

248. 一种是电枢电压控制，即在定子磁场不变的情况下，通过控制施加在电枢绕组两端的电压信号来控制电动机的转速和输出转矩；另一种是励磁磁场控制，即通过改变励磁电流的大小来改变定子磁场的强度，从而控制电动机的转速和输出转矩。

249. 1、按被控量参数特性分类：按被控量不同，机电一体化系统可分为位移、速度、力矩等各种伺服系统。其它系统还有温度、湿度、磁场、光等各种参数的伺服系统。2、按驱动元件的类型分类：按驱动元件的不同可分为电气伺服系统、液压伺服系统、气动伺服系统。电气伺服系统根据电机类型的不同又可分为直流伺服系统、交流伺服系统和步进电机控制伺服系统。3、按控制原理分类：按自动控制原理，伺服系统又可分为开环控制伺服系统、闭环控制伺服系统和半闭环控制伺服系统。

250. 机电一体化伺服系统要求具有精度高、响应速度快、稳定性好、负载能力强和工作频率范围大等基本要求，同时还要求体积小、重量轻、可靠性高和成本低等。

251. SPWM 是指脉冲的宽度按正弦规律变化而和正弦波等效的 PWM 波形。

252. 主要是指指令控制器，反馈调节器，功率放大与整形电路，执行元件。

253. 闭环控制系统是指具有反馈的控制系统。

254. 开环控制系统是指没有反馈的控制系统。

255. 步距误差 步距误差直接影响执行部件的定位精度。

最大静转矩是指步进电动机在某相始终通电而处于静止不动状态时，所能承受

的最大外加转矩，亦即所能输出的最大电磁转矩，它反映了步进电动机的制动能力和低速步进运行时的负载能力。

启动矩一频特性：空载时步进电动机由静止突然启动，并不失步地进入稳速运行所允许的最高频率称为最高启动频率。启动频率与负载转矩有关。

运行矩频特性：步进电动机连续运行时所能接受的最高频率称为最高工作频率，它与步距角一起决定执行部件的最大运行速度。

最大相电压和最大相电流，分别是指步进电动机每相绕组所允许施加的最大电源电压和流过的最大电流。

256. 步距误差直接影响执行部件的定位精度。

257. 最大静转矩是指步进电动机在某相始终通电而处于静止不动状态时，所能承受的最大外加转矩，亦即所能输出的最大电磁转矩，它反映了步进电动机的制动能力和低速步进运行时的负载能力。

258. 空载时步进电动机由静止突然启动，并不失步地进入稳速运行所允许的最高频率称为最高启动频率。启动频率与负载转矩有关。

259. 步进电动机连续运行时所能接受的最高频率称为最高工作频率，它与步距角一起决定执行部件的最大运行速度。

260. 最大相电压和最大相电流分别是指步进电动机每相绕组所允许施加的最大电源电压和流过的最大电流。

261. 提高驱动信号，控制有效，可靠性，整形抗干扰电路。

262. 步进电动机又称电脉冲马达，是通过脉冲数量决定转角位移的一种伺服电动机，成本较低，易于采用计算机控制，且比直流/交流电动机组成的开环控制系统精度高，因而被广泛应用于开环控制的伺服系统中。步进电动机驱动电路实际上是一个功率开关电路，为使步进电动机能输出足够的转矩以驱动负载工作，提供的足够功率的控制信号。

263. 永磁同步电动机是指以电子换向取代了传统的直流电动机的电刷换向的电动机。

264. 直流伺服电动机主要由磁极、电枢、电刷及换向片结构组成（如图 6-3 所示）。

其中磁极在工作中固定不动，故又称定子。定子磁极用于产生磁场。在永磁式直流伺服电动机中，磁极采用永磁材料制成，充磁后即可产生恒定磁场。在他励式直流伺服电动机中，磁极由冲压硅钢片叠成，外绕线圈，靠外加励磁电流

才能产生磁场。电枢是直流伺服电动机中的转动部分，故又称转子，它由硅钢片叠成，表面嵌有线圈，通过电刷和换向片与外加电枢电源相连。

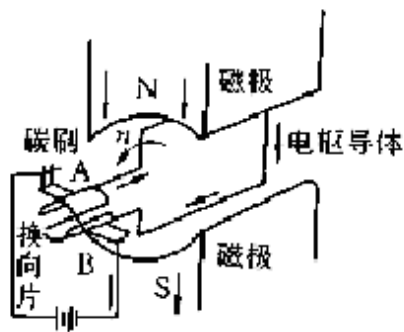


图 6-3 直流伺服电动机基本结构

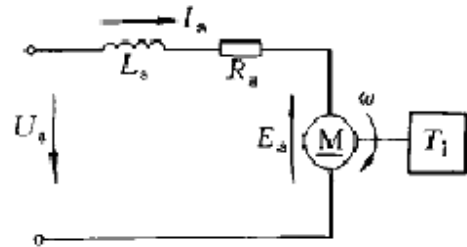


图 6-4 电枢等效电路

直流伺服电动机是在定子磁场的作用下，使通有直流电的电枢（转子）受到电磁转矩的驱使，带动负载旋转。通过控制电枢绕组中电流的方向和大小，就可以控制直流伺服电动机的旋转方向和速度。当电枢绕组中电流为零时，伺服电动机则静止不动。

直流伺服电动机的控制方式主要有两种：一种是电枢电压控制，即在定子磁场不变的情况下，通过控制施加在电枢绕组两端的电压信号来控制电动机的转速和输出转矩；另一种是励磁磁场控制，即通过改变励磁电流的大小来改变定子磁场强度，从而控制电动机的转速和输出转矩。

采用电枢电压控制方式时，由于定子磁场保持不变，其电枢电流可以达到额定值，相应的输出转矩也可以达到额定值，因而这种方式又被称为恒转矩调速方式。而采用励磁磁场控制方式时，由于电动机在额定运行条件下磁场已接近饱和，因而只能通过减弱磁场的方法来改变电动机的转速。由于电枢电流不允许超过额定值，因而随着磁场的减弱，电动机转速增加，但输出转矩下降，输出功率保持不变，所以这种方式又被称为恒功率调速方式。

265. 直流伺服电机具有良好的调速特性，较大的启动转矩和相对功率，易于控制及响应快等优点。尽管其结构复杂，成本较高，在机电一体化控制系统中还是具有较广泛的应用。

266. 交流调压器——把固定交流电压变成可调的交流电压。

267. 直流伺服电机具有良好的调速特性，较大的启动转矩和相对功率，易于控制及响应快等优点。尽管其结构复杂，成本较高，在机电一体化控制系统中还是具有较广泛的应用。与直流伺服电动机比较，交流伺服电动机不需要电刷和换向

器，因而维护方便和对环境无要求；此外，交流电动机还具有转动惯量、体积和重量较小，结构简单、价格便宜等优点；尤其是交流电动机调速技术的快速发展，使它得到了更广泛的应用。

268. 如果直流伺服电动机的机械特性较平缓，则当负载转矩变化时，相应的转速变化较小，这时称直流伺服电动机的机械特性较硬。

269. $L = (\theta_p / 360^\circ) N$; $V = (\theta_p / 360^\circ) f$

270. 3.6 20KHz

271. (无)

272. (无)

273. 在 PWM 型逆变电路中，使用最多的是图(a)的三相桥式逆变电路，其控制方式一般都采用双极性方式。U、V 和 W 三相的 PWM 控制通常公用一个三角波载波 u_c ，三相调制信号 U_{ru} ， U_{rv} 和 U_{rw} 的相位依次相差 120° 。U、V 和 W 各相功率开关器件的控制规律相同，现以 U 相为例来说明。当 $U_{ru} > u_c$ 时，给上桥臂晶体管 V_1 以导通信号，给下桥臂晶体管 V_4 以关断信号，则 U 相相对于直流电源假想中点 N' 的输出电压 $U_{UN}' = U_d/2$ 。当 $U_{ru} < u_c$ 时，给 V_4 以导通信号，给 V_1 以关断信号，则 $U_{UN}' = -U_d/2$ 。 V_1 和 V_4 的驱动信号始终是互补的。当给 V_1 (V_4) 加导通信号时，可能是 V_1 (V_4) 导通，也可能二极管 VD_1 (VD_4) 续流导通，这要由感性负载中原来电流的方向和大小来决定，和单相桥式逆变电路双极性 SPWM 控制时的情况相同。V 相和 W 相的控制方式和 U 相相同。 U_{UN}' 、 U_{VN}' 和 U_{WN}' 的波形如图 b 所示。可以看出，这些波形都只有 $\pm U_d$ 两种电平。像这种逆变电路相电压 (u_{UN}' 、 u_{VN}' 和 u_{WN}') 只能输出两种电平的三相桥式电路无法实现单极性控制。图中线电压 U_{UV} 的波形可由 $U_{UN}' - U_{VN}'$ 得出。可以看出，当臂 1 和 6 导通时， $U_{UV} = U_d$ ，当臂 3 和 4 导通时， $U_{UV} = -U_d$ ，当臂 1 和 3 或 4 和 6 导通时， $U_{UV} = 0$ ，因此逆变器输出线电压由 $+U_d$ 、 $-U_d$ 、0 三种电平构成。负载相电压 U_{UN} 可由下式求得

$$u_{UN} = u_{UN}' - \frac{U_{UN}' + U_{VN}' + U_{WN}'}{3}$$

从图中可以看出，它由 $(\pm 2/3) U_d$ ， $(\pm 1/3) U_d$ 和 0 共 5 种电平组成。

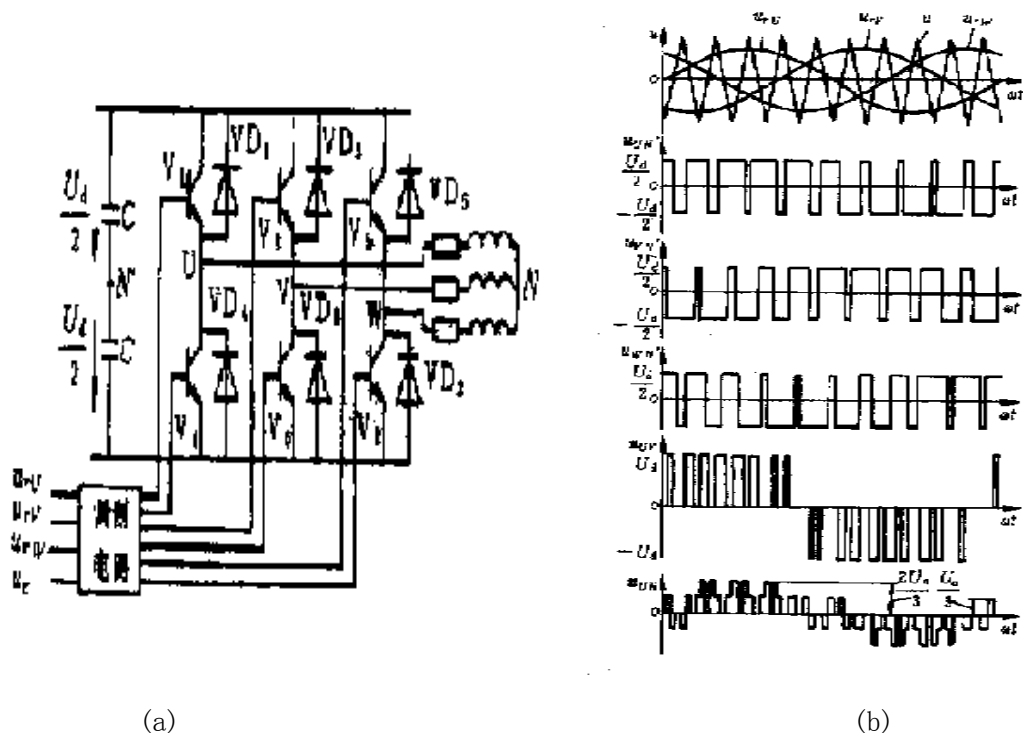


图 三相 SPWM 逆变电路及波形

在双极性 SPWM 控制方式中，同一相上下两个臂的驱动信号都是互补的。但实际上为了防止上下两个臂直通而造成短路，在给一个臂施加关断信号后，再延迟 Δt 时间，才给另一个臂施加导通信号。延迟时间的长短主要由功率开关器件的关断时间决定。这个延迟时间将会给输出的 PWM 波形带来影响，使其偏离正弦波。

274. (1) 驱动电路对机械特性的影响；(2) 直流伺服电动机内部的摩擦对调节特性的影响；(3) 负载变化对调节特性的影响

275. 变流技术按其功能应用可分成下列几种变流器类型：

整流器——把交流电变为固定的（或可调的）直流电。

逆变器——把固定直流电变成固定的（或可调的）交流电。

斩波器——把固定的直流电压变成可调的直流电压。

交流调压器——把固定交流电压变成可调的交流电压。

周波变流器——把固定的交流电压和频率变成可调的交流电压和频率。

276. 斩波器调压控制直流伺服电机速度的方法又称为脉宽调制（Pulse Width Modulation）直流调速。如图所示为脉宽调速原理示意图。

将图 (a) 中的开关 S 周期性地开关，在一个周期 T 内闭合的时间为 τ ，则一个外加的固定直流电压 U 被按一定的频率开闭的开关 S 加到电动机的电枢上，电枢

上的电压波形将是一列方波信号，其高度为 U 、宽度为 τ ，如图 6-31b 所示。电枢两端的平均电压为：

$$U_d = \frac{1}{T} \int_0^T U dt = \frac{\tau}{T} U = \rho U$$

式中 $\rho = \tau / T = U_d / U$ ，($0 < \rho < 1$) ρ 为导通率（或称占空比）。

当 T 不变时，只要改变导通时间 τ ，就可以改变电枢两端的平均电压 U_d 。当 τ 从 0 到 T 改变时， U_d 由零连续增大到 U 。实际电路中，一般使用自关断电力电子器件来实现上述的开关作用，如 GTR、MOSFET、IGBT 等器件。图 3 中的二极管是续流二极管，当 S 断开时，由于电枢电感的存在，电动机的电枢电流可通过它形成续流回路。

277. 斩波器调压的基本原理是通过晶闸管或自关断器件的控制，将直流电压断续加到负载（电机）上，利用调节通、断的时间变化来改变负载电压平均值。斩波器调压控制直流伺服电机速度的方法又称为脉宽调制（Pulse Width Modulation）直流调速。

278. PWM 是英文 Pulse Width Modulation(脉冲宽度调制)缩写，按一定规律改变脉冲列的脉冲宽度，以调节输出量和波形的一种调值方式。

279. （1）开环控制：开环控制的通用变频器三相异步电动机变频调速系统控制框图如图 1 所示。



图 1 开环异步电动机变频调速

VVVF-通用变频器 IM-异步电动机

该控制方案结构简单，可靠性高。但是，由于是开环控制方式，其调速精度和动态响应特性并不是十分理想。尤其是在低速区域电压调整比较困难，不可能得到较大的调速范围和较高的调速精度。异步电动机存在转差率，转速随负荷力矩变化而变动，即使目前有些变频器具有转差补偿功能及转矩提升功能，也难以达到 0.5% 的精度，所以采用这种 V/F 控制的通用变频器异步机开环变频调速适用于一般要求不高的场合，例如风机、水泵等机械。

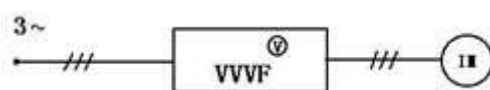


图 2 矢量控制变频器的异步电动机变频调速

VVVF - 矢量变频器

(2) 无速度传感器的矢量控制：无速度传感器的矢量控制变频器异步电机变频调速系统控制框图如图 2 所示。对比图 1 图，两者的差别仅在使用的变频器不同。由于使用无速度传感器矢量控制的变频器，可以分别对异步电动机的磁通和转矩电流进行检测、控制，自动改变电压和频率，使指令值和检测实际值达到一致，从而实现了矢量控制。虽说它是开环控制系统，但是大大提升了静态精度和动态品质。转速精度约等于 0.5%，转速响应也较快。

如果生产要求不是十分高的情形下，采用矢量变频器无传感器开环异步电机变频调速是非常合适的，可以达到控制结构简单，可靠性高的实效。

(3) 带速度传感器矢量控制：带速度传感器矢量控制变频器的异步电机闭环变频调速系统控制框图如图 3 所示。

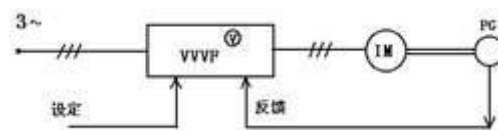


图 3 异步电机闭环控制变频调速

PG-速度脉冲发生器

矢量控制异步电机闭环变频调速是一种理想的控制方式。它具有可以从零转速起进行速度控制，即甚低速亦能运行，因此调速范围很宽广，可达 100: 1 或 1000: 1；可以对转矩实行精确控制；系统的动态响应速度甚快；电动机的加速度特性很好等优点。

280. 在 PWM 型逆变电路中，使用最多的是图 6-43a 的三相桥式逆变电路，其控制方式一般都采用双极性方式。U、V 和 W 三相的 PWM 控制通常公用一个三角波载波 u_c ，三相调制信号 U_{ru} ， U_{rv} 和 U_{rw} 的相位依次相差 120° 。U、V 和 W 各相功率开关器件的控制规律相同，现以 U 相为例来说明。当 $U_{ru} > u_c$ 时，给上桥臂晶体管 V_1 以导通信号，给下桥臂晶体管 V_4 以关断信号，则 U 相相对于直流电源假想中点 N' 的输出电压 $U_{UN}' = U_d/2$ 。当 $U_{ru} < u_c$ 时，给 V_4 以导通信号，给 V_1 以关断信号，则 $U_{UN}' = -U_d/2$ 。 V_1 和 V_4 的驱动信号始终是互补的。当给 V_1 (V_4) 加导通信号时，可能是 V_1 (V_4) 导通，也可能二极管 VD_1 (VD_4) 续流导通，这要由感性负载中原来电流的方向和大小来决定，和单相桥式逆变电路双极性 SPWM 控制时的情况相同。V 相和 W 相的控制方式和 U 相相同。 U_{UN}' 、 U_{VN}'

和 U_{wn}' 的波形如图所示。可以看出，这些波形都只有 $\pm U_d$ 两种电平。像这种逆变电路相电压 (u_{UN}' 、 u_{VN}' 和 u_{WN}') 只能输出两种电平的三相桥式电路无法实现单极性控制。图中线电压 U_{UV} 的波形可由 $U_{UN}' - U_{VN}'$ 得出。可以看出，当臂 1 和 6 导通时， $U_{UV} = U_d$ ，当臂 3 和 4 导通时， $U_{UV} = -U_d$ ，当臂 1 和 3 或 4 和 6 导通时， $U_{UV}=0$ ，因此逆变器输出线电压由 $+U_d$ 、 $-U_d$ 、 0 三种电平构成。负载相电压 U_{UN} 可由下式求得

$$u_{UN} = u_{UN}' - \frac{U_{UN}' + U_{VN}' + U_{WN}'}{3}$$

281. 实施 SPWM 的基本要求

1、单极性 SPWM 法：

(1) 调制波和载波：曲线①是正弦调制波，其周期决定于需要的调频比 k_f ，振幅值决定于 k_u ，曲线②是采用等腰三角波的载波，其周期决定于载波频率，振幅不变，等于 $k_u=1$ 时正弦调制波的振幅值，每半周期内所有三角波的极性均相同（即单极性）。调制波和载波的交点，决定了 SPWM 脉冲系列的宽度和脉冲音的间隔宽度，每半周期内的脉冲系列也是单极性的。

(2) 单极性调制的工作特点：每半个周期内，逆变桥同一桥臂的两个逆变器件中，只有一个器件按脉冲系列的规律时通时断地工作，另一个完全截止；而在另半个周期内，两个器件的工况正好相反，流经负载 Z_L 的便是正、负交替的交变电流。

2、双极性 SPWM 法

(1) 调制波和载波：

调制波仍为正弦波，其周期决定于 k_f ，振幅决定于 k_u ，中曲线①，载波为双极性的等腰三角波，其周期决定于载波频率，振幅不变，与 $k_u=1$ 时正弦波的振幅值相等。

调制波与载波的交点决定了逆变桥输出相电压的脉冲系列，此脉冲系列也是双极性的，但是，由相电压合成为线电压 ($u_{ab}=u_a-u_b$ ； $u_{bc}=u_b-u_c$ ； $u_{ca}=u_c-u_a$) 时，所得到的线电压脉冲系列却是单极性的。

(2) 双极性调制的工作特点：逆变桥在工作时，同一桥臂的两个逆变器件总是按相电压脉冲系列的规律交替地导通和关断，毫不停息，而流过负载 Z_L 的是按线电压规律变化的交变电流。

282. 伺服电机环形分配，对控制信号进行功率放大。

283. 单极驱动、双极驱动、高低电压驱动、斩波电路驱动、细分电路

284. 步距误差直接影响执行部件的定位精度。

最大静转矩是指步进电动机在某相始终通电而处于静止不定状态时，所能承受的最大外加转矩，亦即所能输出的最大电磁转矩，它反映了步进电动机的制动能力和低速步进时的负载能力。

启动矩-频特性：空载时步进电动机由静止突然启动，并不失步地进入稳速运行所允许的最高频率称为最高启动频率。启动频率与负载转矩有关。

运行矩-频特性：步进电动机连续运行时所能承受的最高频率称为最高工作频率，它与步距角一起决定执行部件的最大运行速度。

最大相电压和最大相电流分别指步进电动机每相绕组所允许施加的最大电源电压和流过的最大电流。

285. 半桥逆变电路原理如题中图所示，它有两个导电臂，每个导电臂由一个可控元

件和一个反并联二极管组成。在直流侧接有两个相互串联的足够大的电容，使得两个电容的联结点为直流电源的中点。设电力晶体管 V_1 和 V_2 基极信号在一个周期内各有半周正偏和反偏，且二者互补。当负载为感性时，其工作波形如图 6-36b 所示。输出电压波形 u_o 为矩形波，其幅值为 $U_m = U_d / 2$ 输出电流 i_o 波形随负载阻抗角而异。设 t_2 时刻以前 V_1 导通。 t_2 时刻给 V_1 关断信号，给 V_2 导通信号，但感性负载中的电流 i_o 不能立刻改变方向，于是 VD_2 导通续流。当 t_3 时刻 i_o 降至零时 VD_2 截止， V_2 导通， i_o 开始反向。同样，在 t_4 时刻给 V_2 关断信号，给 V_1 导通信号后， V_2 关断， VD_1 先导通续流， t_5 时刻 V_1 才导通。当 V_1 或 V_2 导通时，负载电流和电压同方向，直流侧向负载提供能量；而当 VD_1 或 VD_2 导通时，负载电流和电压反方向，负载中电感的能量向直流侧反馈，既负载将其吸收的无功能量反馈回直流侧。反馈回的能量暂时储存在直流侧电容中，直流侧电容起到缓冲这种无功能量的作用。二极管 VD_1 、 VD_2 是负载向直流侧反馈能量的通道，同时起到使负载电流连续的作用， VD_1 、 VD_2 被称为反馈二极管或续流二极管。

286. 干扰的形成包括三个要素：干扰源、传播途径和接受载体。

287. 1、静电干扰

2、磁场耦合干扰

3、漏电耦合干扰

4、共阻抗干扰

5、电磁辐射干扰

288. 抑制干扰的措施很多，主要包括：屏蔽、隔离、滤波、接地和软件处理等方法。

289. 软件滤波用软件来识别有用信号和干扰信号，并滤除干扰信号的方法，称为软件滤波软件“陷阱”，软件“看门狗”（WATCHDOG）就是用硬件（或软件）的办法要求使用监控定时器定时检查某段程序或接口，当超过一定时间系统没有检查这段程序或接口时，可以认定系统运行出错（干扰发生），可通过软件进行系统复位或按事先预定方式运行。

290. 在机电一体化系统的工作环境中，存在大量的电磁信号，如电网的波动、强电设备的启停、高压设备和开关的电磁辐射等，当它们在系统中产生电磁感应和干扰冲击时，往往就会扰乱系统的正常运行，轻者造成系统的不稳定，降低了系统的精度；重者会引起控制系统死机或误动作，造成设备损坏或人身伤亡。

291. 共模干扰往往是指同时加载在各个输入信号接口断的共有的信号干扰。

292. 屏蔽是利用导电或导磁材料制成的盒状或壳状屏蔽体，将干扰源或干扰对象包围起来从而割断或削弱干扰场的空间耦合通道，阻止其电磁能量的传输。

293. 抑制干扰的措施很多，主要包括屏蔽、隔离、滤波、接地和软件处理等方法。

294. STD 总线的技术特点模块化设计、系统组成、修改和扩展方便、高可靠性。

295. 硬件在外设与内存间直接进行数据交换（DMA）而不通过 CPU 。

296. 可编程控制器（Programmable Logical Controller）简称 PLC。是一种在继电器控制和计算机控制的基础上开发出来，并逐渐发展成为以微处理器为核心，把自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体的新型工业自动控制装置，广泛应用在各种生产机械和生产过程的自动控制中。

297. 1) 控制方式：继电器控制系统的控制是采用硬件接线实现的，是利用继电器机械触点的串联或并联极延时继电器的滞后动作等组合形成控制逻辑，只能完成既定的逻辑控制。PLC 控制系统采用存储逻辑，其控制逻辑是以程序方式存储在内存中，要改变控制逻辑，只需改变程序即可，称软接线。

2) 工作方式：继电器控制系统采用并行的工作方式，PLC 控制系统采用串行工作方式。

3) 控制速度：继电器控制系统控制逻辑是依靠触点的机械动作实现控制，工作频

率低，毫秒级，机械触点有抖动现象。PLC 控制系统是由程序指令控制半导体电路来实现控制，速度快、微秒级、严格同步、无抖动。

4) 定时与计数控制：继电器控制系统是靠时间继电器的滞后动作实现延时控制，而时间继电器定时精度不高，受环境影响大，调整时间困难。继电器控制系统不具备计数功能。PLC 控制系统用半导体集成电路作定时器，时钟脉冲由晶体振荡器产生，精度高、调整时间方便、不受环境影响。另外 PLC 系统具备计数功能。

5) 可靠性和维护性：继电器控制系统可靠性较差，线路复杂，维护工作量大，PLC 控制系统可靠性较高，外部线路简单，维护工作量小。

298. 由于交流输入模块电路中增加了限流、滤波和整流三个环节，因此，输入信号的延迟时间要比直流输入电路的要长，但由于其输入端是高电压，因此输入信号的可靠性要比直流输入电路要高。一般来说，交流输入方式用于有油雾、粉尘等恶劣环境，对系统响应要求不高的场合，而直流输入模块用于环境较好，电磁干扰轻，对系统响应要求较高的场合。

299. PLC 的扫描工作制是指即检测输入变量求解当前控制逻辑以及修正输出指令，重复进行。

300. 顺序控制系统是按照预先规定的次序完成一系列操作的系统，顺序控制器通常使用的是 PLC。

301. PLC 的输出模块有三种：继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出。继电器输出型既可用于交流输出，也用于直流输出。晶体管输出型用于直流输出。双向晶闸管输出型用于控制外部交流负载。

302. S7-200 PLC 的硬件资源包括输入输出映像寄存器区 (I/Q)、标志位存储区 (M)、特殊标志位存储区 (SM)、定时器存储区 (T)、计数器存储区 (C)、顺序控制标志位区 (S)、变量存储区 (V)、局部存储区 (L)、累加器 (AC) / 高速计数器 (HC)、模拟量输入输出寄存器 (AI/AQ) 等，S7-200 PLC 的寻址方式有立即数寻址、直接寻址和间接寻址三大类。

303. 可编程控制器有两种基本的工作状态，即运行 (RUN) 和停止 (STOP) 状态。不管是在哪种状态，PLC 都是反复不断地重复进行，直至 PLC 停机。在每次循环中，若处于运行 (RUN) 状态，可编程控制器完成 5 个阶段，如图所示。若处于停止 (STOP) 状态，PLC 也要循环进行内部处理和通信服务。



304. 屏蔽是利用导电或导磁材料制成的盒状或壳状屏蔽体,将干扰源或干扰对象包围起来从而割断或削弱干扰场的空间耦合通道,阻止其电磁能量的传输。按需屏蔽的干扰场的性质不同,可分为电场屏蔽、磁场屏蔽和电磁场屏蔽。

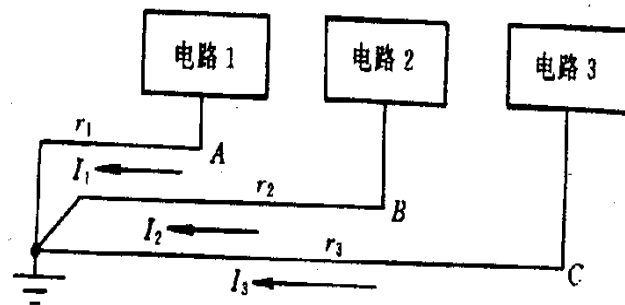
305. 隔离方法有光电隔离、变压器隔离和继电器隔离等方法。

306. 滤波是抑制干扰传导的一种重要方法。由于干扰源发出的电磁干扰的频谱往往比要接收的信号的频谱宽得多,因此,当接受器接收有用信号时,也会接收到那些不希望有的干扰。这时,可以采用滤波的方法,只让所需要的频率成分通过,而将干扰频率成分加以抑制。常用滤波器根据其频率特性又可分为低通、高通、带通、带阻等滤波器。低通滤波器只让低频成分通过,而高于截止频率的成分则受抑制、衰减,不让通过。高通滤波器只通过高频成分,而低于截止频率的成分则受抑制、衰减,不让通过。带通滤波器只让某一频带范围内的频率成分通过,而低于下截止和高于上截止频率的成分均受抑制,不让通过。带阻滤波器只抑制某一频率范围内的频率成分,不让其通过,而低于下截止和高于上截止频率的频率成分则可通过。

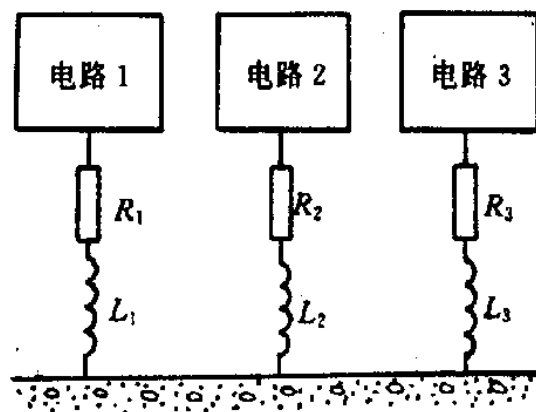
307. 将电路、设备机壳等与作为零电位的一个公共参考点(大地)实现低阻抗的连接,称之为接地。

308. 接地的目的有两个:一是为了安全,例如把电子设备的机壳、机座等与大地相接,当设备中存在漏电时,不致影响人身安全,称为安全接地;二是为了给系统提供一个基准电位,例如脉冲数字电路的零电位点等,或为了抑制干扰,如屏蔽接地等,称为工作接地。工作接地包括一点接地和多点接地两种方式。1、一点接地:如图所示为串联一点接地,由于地电阻 r_1 , r_2 和 r_3 , 是串联的,所以各电路间相互发生干扰,虽然这种接地方式很不合理,但由于比较简单,用的地方仍然很多。当各电路的电平相差不大时还可勉强使用;但当各电路的电

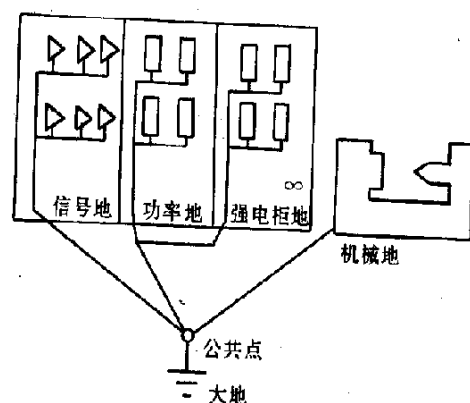
平相差很大时就不能使用,因为高电平将会产生很大的地电流并干扰到低电平电路中去。



2、多点接地：多点接地所需地线较多，一般适用于低频信号。若电路工作频率较高，电感分量大，各地线间的互感耦合会增加干扰。如图所示，各接地点就近接于接地汇流排或底座、外壳等金属构件上。



3、地线的设计：机电一体化系统设计时要综合考虑各种地线的布局 and 接地方法。如图所示是一台数控机床的接地方法。



309. 控制系统接地通的目的：将电路、设备机壳等与作为零电位的一个公共参考点（大地）实现低阻抗的连接，称之为接地。接地的目的有两个：一是为了安全，例如把电子设备的机壳、机座等与大地相接，当设备中存在漏电时，不致影响

人身安全，称为安全接地；二是为了给系统提供一个基准电位，例如脉冲数字电路的零电位点等，或为了抑制干扰，如屏蔽接地等。称为工作接地。工作接地包括一点接地和多点接地两种方式。

310. 用软件来识别有用信号和干扰信号，并滤除干扰信号的方法，称为软件滤波。

识别信号的原则有：（1）时间原则；（2）空间原则；（3）属性原则。

311. 1) 逻辑设计力求简单可靠 2) 硬件自检测和软件自恢复的设计 3) 从安装和工艺等方面采取措施以消除干扰

312. 光电隔离是以光作媒介在隔离的两端间进行信号传输的，所用的器件是光电耦合器。由于光电耦合器在传输信息时，不是将其输入和输出的电信号进行直接耦合，而是借助于光作介质进行耦合，因而具有较强的隔离和抗干扰的能力。如图所示为一般光电耦合器组成的输入/输出线路。在控制系统中，它既可以用作一般输入/输出的隔离，也可以代替脉冲变压器起线路隔离与脉冲放大作用。由于光电耦合器具有二极管、三极管的电气特性，使它能方便地组合成各种电路。又由于它靠光耦合传输信息，使它具有很强的抗电磁干扰的能力，从而在机电一体化产品中获得了极其广泛的应用。

313. 机电一体化系统设计时要综合考虑各种地线的布局和接地方法。如图 7-14 所示是一台数控机床的接地方法。从图中可以看出，接地系统形成三个通道：信号接地通道，将所有小信号、逻辑电路的信号、灵敏度高的信号的接地点都接到信号地通道上；功率接地通道，将所有大电流、大功率部件、晶闸管、继电器、指示灯、强电部分的接地点都接到这一地线上；机械接地通道，将机柜、底座、面板、风扇外壳、电动机底座等机床接地点都接到这一地线上，此地线又称安全地线通道。将这三个通道再接到总的公共接地点上，公共接地点与大地接触良好，一般要求地电阻小于 $4\Omega \sim 7\Omega$ 。并且数控柜与强电柜之间有足够粗的保护接地电缆，如截面积为 $5.5 \sim 14\text{mm}^2$ 的接地电缆。因此，这种地线接法有较强的抗干扰能力，能够保证数控机床的正常运行。

314. 根据中国入世承诺和体现国民待遇的原则，国家对强制性产品认证使用统一的标志。新的国家强制性认证标志名称为“中国强制认证”，英文名称为“China Compulsory Certification”，英文缩写为“CCC”。作为国际通行做法，它主要对涉及人类健康和安全、动植物生命和健康以及环境保护与公共安全的产品实施强制性认证，确定统一适用的国家标准、技术规则和实施程序，制定和发布

统一的标志，规定统一的收费标准。

315. 为保障民航飞行安全，避免民航无线电专用频率受到干扰，信息产业部要求，严查非法生产、销售大功率无绳电话机。保护民航飞行安全是无线电管理的重要工作之一，因此，信息产业部正与相关部门密切配合，加强无线电发射设备的市场管理，严禁大功率无绳电话的生产销售。目前已收缴了大量大功率无绳电话机，并清理规范了无线寻呼发射机、广播电视发射机、校园调频广播的设置与使用。

316. 选择性电路的输出是选出某个电台的高频调幅信号，利用它直接推动耳机（电声器）是不行的，还必须把它恢复成原来的音频信号，这种还原电路称为解调，把解调的音频信号送到耳机，就可以收到广播。

317. 工频干扰是各类工控测量系统中最常见的一种干扰信号，对有用信号的检测起着极大的妨碍作用。

318. 滤除工频干扰的原理：自适应相干模板法，是根据工频干扰的特点，从原始信号中得到工频干扰的模板，再从原始信号中减去该模板，达到滤除工频干扰的目的。

假设 $X(n)$ 为原始信号， $S(n)$ 为其中的有用信号， $N(n)$ 为工频干扰信号，则

$$X(n) = S(n) + N(n)$$

定义模板信号为

$$M(n) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X(n - \frac{f_s}{f_g} \cdot i) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M S(n - k \cdot i) + \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M N(n - k \cdot i)$$

式中， f_s 是信号的采样频率， f_g 是工频干扰的频率（50 Hz）。在自适应模板法中，要求 f_s 为 f_g 的整数倍，即 $f_s = k \cdot 50\text{Hz}$ （ k 为正整数）。

由于 $N(n)$ 为周期信号，若 $S(n)$ 为零均值信号，当 M 足够大时，有

$$\begin{cases} \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M N(n - k \cdot i) = N(n) \\ \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M S(n - k \cdot i) = 0 \end{cases}$$

所以,只要从原始输入信号中减去模板信号就能达到滤除工频干扰的目的,
即

$$S(n) = X(n) - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X(n - k \cdot i) \quad (1)$$

对(1)式两端取Z变换,可得该系统的传递函数为

$$H(z) = 1 - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M z^{-ki}。$$

319. (1) 变频器请使用独立电源, 远离高频大功率的直流电焊机, 电焊机自身的接地应良好。

(2) 与变频器装在同一电柜中的接触器要选用高品质的接触器, 最好选用灭弧效果好的产品, 并与变频器保持一定距离。

(3) 供电电源电压要避免有突变, 要稳定。

(4) 变频器接地端要正确接地。

(5) 控制线与动力线要分开走线, 不能置于同一线槽中。控制线使用屏蔽线, 最好能穿管走线, 金属软管应接地良好。

(6) 变频器输入、输出端加装磁环, 平行并绕3——4圈, 有助于抑制高次谐波。若进一步加强抗干扰效果, 可加装电抗器、滤波器等。

(7) 在变频器控制线或模拟信号线上加装磁环。

(8) RS485 通讯口与上位机相连采用光电隔离。

(9) 减低载波频率。

(10) 在受干扰的仪表设备上加以屏蔽, 屏蔽外壳正确接地, 在此类仪表的电源进线端加装磁环, 在信号线侧加滤波电容。

(11) 在控制线端加电感等。

320. 电视机的光纤通信电缆。提高抗干扰的措施最理想的方法是抑制干扰源, 使其不向外产生干扰或将其干扰影响限制在允许的范围之内。由于车间现场干扰源的复杂性, 要想对所有的干扰源都作到使其不向外产生干扰, 几乎是不可能的, 也是不现实的。另外, 来自于电网和外界环境的干扰, 机电一体化产品用户环境的干扰源也是无法避免的。因此, 在产品开发和应用中, 除了对一些重要的

干扰源，主要是对被直接控制的对象上的一些干扰源进行抑制外，更多的则是在产品内设法抑制外来干扰的影响，以保证系统可靠地工作。

抑制干扰的措施很多，主要包括屏蔽、隔离、滤波、接地和软件处理等方法。

321. 自动化制造系统是指在较少的人工直接或间接干预下，将原材料加工成零件或将零件组装成产品，在加工过程中实现管理过程和工艺过程自动化。管理过程包括产品的优化设计；程序的编制及工艺的生成；设备的组织及协调；材料的计划与分配；环境的监控等。工艺过程包括工件的装卸、储存和输送；刀具的装配、调整、输送和更换；工件的切削加工、排屑、清洗和测量；切屑的输送、切削液的净化处理等。

322. 自动化制造系统包括刚性制造和柔性制造，“刚性”的含义是指该生产线只能生产某种或生产工艺相近的某类产品，表现为生产产品的单一性。

（1）刚性半自动化单机；

（2）刚性自动化单机；

（3）刚性自动化生产线

刚性自动线生产率高，但柔性较差，当加工工件变化时，需要停机、停线并对机床、夹具、刀具等工装设备进行调整或更换（如更换主轴箱、刀具、夹具等），通常调整工作量大，停产时间较长。

323. 刚性自动化单机它是在刚性半自动化单机的基础上增加自动上、下料等辅助装置而形成的自动化机床。辅助装置包括自动工件输送、上料，下料、自动夹具、升降装置和转位装置等；切屑处理一般由刮板器和螺旋传送装置完成。这种机床实现的也是单个工艺过程的全部加工循环。

324. 刚性自动化生产线是多工位生产过程，用工件输送系统将各种自动化加工设备和辅助设备按一定的顺序连接起来，在控制系统的作用下完成单个零件加工的复杂大系统。

325. 柔性制造系统（Flexible Manufacturing System）是由两台或两台以上加工中心或数控机床组成，并在加工自动化的基础上实现物流和信息流的自动化。

326. 柔性制造系统（Flexible Manufacturing System）的基本组成部分有：自动化加工设备、工件储运系统、刀具储运系统、多层计算机控制系统等。

327. （1）单元中各加工设备的任务管理与调度，其中包括制定单元作业计划、计划的管理与调度、设备和单元运行状态的登录与上报；（2）单元内物流设备的

管理与调度，这些设备包括传送带、有轨或无轨物料运输车、机器人、托盘系统、工件装卸站等；刀具系统的管理，包括向车间控制器和刀具预调仪提出刀具请求、将刀具分发至需要它的机床等。

328. 柔性制造系统的主要特点有：①柔性高，适应多品种中小批量生产；②系统内的机床工艺能力上是相互补充和相互替代的；③可混流加工不同的零件；④系统局部调整或维修不中断整个系统的运作；⑤多层计算机控制，可以和上层计算机联网；⑥可进行三班无人干预生产。柔性制造单元（Flexible Manufacturing Cell）是由单台数控机床、加工中心、工件自动输送及更换系统等组成。它是实现单工序加工的可变加工单元，单元内的机床在工艺能力上通常是相互补充的，可混流加工不同的零件。系统对外设有接口，可与其它单元组成柔性制造系统。

329. 1、FMC 控制系统 FMC 控制系统一般分二级，分别是单元控制级和设备控制级。

2、FMC 的基本控制功能。

330. 柔性制造系统（Flexible Manufacturing System）是由两台或两台以上加工中心或数控机床组成，并在加工自动化的基础上实现物料流和信息流的自动化，其基本组成部分有：自动化加工设备，工件储运系统，刀具储运系统，多层计算机控制系统等。1、自动化加工设备；2、工件储运系统；3、刀具储运系统；4、辅助设备；5、多层计算机控制系统。

331. 制造柔性线（Flexible Manufacturing Line）由自动化加工设备、工件输送系统和控制系统等组成。

332. （1）柔性高，适应多品种中小批量生产；（2）系统内的机床工艺能力上是相互补充和相互替代的；（3）可混流加工不同的零件；（4）系统局部调整或维修不中断整个系统的运作；（5）多层计算机控制，可以和上层计算机联网；（6）可进行三班无人干预生产。

333. 计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System）是一种集市场分析、产品设计、加工制造、经营管理、售后服务于一体，借助于计算机的控制与信息处理功能，使企业运作的信息流、物质流、价值流和人力资源有机融合，实现产品快速更新、生产率大幅提高、质量稳定、资金有效利用、损耗降低、人员合理配置、市场快速反馈和良好服务的全新的企业生产模式。

334. 它是把组成微机的 CPU、存储器 I/O 接口电路、定时器/计数器等制作在一块

集成芯片上构成一个完整的计算机。

335. 数控机床 (Numerical Control Tools) 是采用数字化信号, 通过可编程的自动控制工作方式, 实现对设备运行及其加工过程产生的位置、角度、速度、力等信号进行控制的新型自动化机床。

336. 一般数控机床通常是指数控车床、数控铣床、数控镗铣床等, 它们的下述特点对其组成自动化制造系统是非常重要的。

特点: 1)、柔性高

2)、自动化程度高

3)、加工精度高、质量稳定

4)、生产效率较高

5)、具有刀具寿命管理功能

6)、具有通信功能

337. I/O 接口电路也简称接口电路, 它是主机和外围设备之间交换信息的连接部件 (电路), 它在主机和外围设备之间的信息交换中起着桥梁和纽带作用。

338. I/O 通道也称为过程通道。它是计算机和控制对象之间信息传送和变换的连接通道。

339. 加工中心的系统基本组成与一般数控机床一样, 只是在此基础上增加刀库和自动换刀装置而形成的一类更复杂, 但用途更广, 效率更高的数控机床。加工中心配置有刀库和自动换刀装置, 所以能在一台机床上完成车、铣、镗、钻、铰、攻螺纹、轮廓加工等多个工序的加工。加工中心机床具有工序集中、可以有效缩短调整时间和搬运时间, 减少在制品库存, 加工质量高等优点, 因此常用于零件比较复杂, 需要多工序加工, 且生产批量中等的生产场合。

340. 电火花加工设备属于数控机床的范畴, 电火花加工是在一定的液体介质中, 利用脉冲放电对导体材料的电蚀现象来蚀除材料, 从而使零件的尺寸、形状和表面质量达到预定技术要求的一种加工方法。在机械加工中, 电火花加工的应用非常广泛, 尤其在模具制造业、航空航天等领域有着极为重要的地位。

341. 有轨小车 (Rail Guide Vehicle) 是一种沿着铁轨行走的运输工具, 有自驱和它驱两种驱动方式。自驱动有轨小车是通过车上小齿轮和安装在铁轨一侧的齿条啮合, 利用交、直流伺服电动机驱动。

342. 自动导向小车 (Automatic Guide Vehicle) 是一种无人驾驶的, 以蓄电池驱

动的物料搬运设备，其行驶路线和停靠位置是可编程的。70 年代以来，电子技术和计算机技术推动了 AGV 技术的发展，如具有了磁感应，红外线、激光、语言编程、语音等功能等。AGV 技术仍在发展中，目前有些语音控制的 AGV 能识别 4000 个词汇。

343. 模块化生产加工系统（Modular Production System）简称 MPS 系统，它是德国 FESTO 公司结合现代工业的特点研制开发的模拟自动化生产过程，集机械、电子、传感器、气动、通信为一体的高度集成的机电一体化装置。

344. FMC 控制系统一般分二级，分别是单元控制级和设备控制级。

345. 加工中心的系统基本组成与一般数控机床一样，只是在此基础上增加刀库和自动换刀装置而形成的一类更复杂，但用途更广，效率更高的数控机床。加工中心配置有刀库和自动换刀装置，所以能在一台机床上完成车、铣、镗、钻、铰、攻螺纹、轮廓加工等多个工序的加工。加工中心通常是指镗铣加工中心，主要用于加工箱体及壳体类零件，工艺范围广。加工中心除配备有刀具库及自动换刀机构外，还配备有回转工作台或交换工作台等，有的加工中心还具有可交换式主轴头或卧一立式主轴。加工中心目前已成为一类广泛应用的自动化加工设备，它们可作为单机使用也可作为 FMC、FMS 中的单元加工设备。

346. 加工中心通常是指镗铣加工中心，主要用于加工箱体及壳体类零件，工艺范围广。

347. 数控机床（Numerical Control Tools）是采用数字化信号，通过可编程的自动控制工作方式，实现对设备运行及其加工过程产生的位置、角度、速度、力等信号进行控制的新型自动化机床。车削中心比数控车床工艺范围宽，工件一次安装，几乎能完成所有表面的加工，如内外圆表面、端面、沟槽、内外圆及端面上的螺旋槽、非回转轴心线上的轴向孔、径向孔等。

348. 蜗流传感器检测钢管表面缺陷，属于非接触测量。体温计测量人体温度属于接触测量。

349. 内容包括小车机械运动、路径导向、岔口选择、动力补给、紧急防范和货物装卸等。

350. 解决大中型城市的繁华市区，汽车停车位难找。只需较小的占地面积，建立体存车库，节省占地。存车量数倍于平面存车库。而且采用全自动化存车技术，节省存取车时间，只要把车放到车库前，自动将车存入车库某个车位，取车时

也自动从某个车位取出，存取车的车主无需将车开入车库。

351. 不可行，机器人的控制程序都是按照人类的意愿进行控制和操作，所以无论什么时候机器人都不可能控制和主宰人类世界。

二 填空题

1. 机械技术 检测技术 伺服技术 协调工作
2. 机电一体化技术
3. 系统总体设计；业务的分组；机械本体及工具设计；控制系统设计；程序设计；后备系统设计；完成详细设计书及制造图样；产品出厂及使用文件的设计。
4. 高性能、智能化、系统化以及轻量、微型化
5. 办公机电一体化产品 产业机电一体化产品 民用机电一体化产品
6. 计算机 提高和改善系统性能
7. 微电子技术 机械技术
8. 机械本体 动力与驱动 执行机构 传感器检测部分 控制及处理部分
9. 传动机构；导向机构；执行机构
10. 机械技术 检测技术 伺服技术 计算机与信息处理技术 自动控制技术和系统总体技术
11. 接口问题
12. 计算机
13. 主要目的：增加机械系统或产品的附加值和自动化程度。
14. 开放性设计、适应性设计、变异性设计
15. 高精度；快速响应；良好的稳定性
16. 机械系统，电子信息处理系统，动力系统，传感系统，执行控制系统
17. 稳态设计方法 动态设计方法
18. 电量 非电量
19. 惯性负载、外力负载、内力负载、弹性负载、摩擦负载等
20. 通常有取代法 整体设计法 组合法
21. 能量守恒定律

22. 机械 微电子技术
23. 机械系统、电子信息处理系统、动力系统、传感检测系统、执行元件系统
24. 机械接口、物理接口、信息接口、环境接口
25. 要完成电平转换、信号隔离、放大、滤波、速度匹配等。
26. 单片机控制系统、单板机控制系统、工业微型计算机控制系统
27. 静态设计、动态设计
28. 转动惯量原则 输出轴转角误差最小原则
29. 系统软件
30. 性能指标 系统功能 使用条件 经济效益
31. 机电互补法、机电结合（融合）法、机电组合法
32. 以能源转换为主和以信息转换为主
33. 电力源、液压源和气压源
34. 微电子技术
35. 单片微型计算机、可编程序控制器（PLC）、总线工控机
36. 物质、能量、信息 省能源、省资源、智能化
37. 高精度；快速响应；良好的稳定性
38. 高速化、高精度、高效率和高可靠性
39. 隔离技术、屏蔽技术和滤波技术
40. 操作指导控制系统 分级计算机控制系统 监督计算机控制系统（SCC） 直接数字控制系统
41. 传动机构；导向机构；执行机构
42. 构件 零件
43. 定轴轮系、行星轮系和谐波轮系
44. 重量最轻原则、转动惯量最小原则、传动精度最优原则等
45. 传递力/转矩和速度/转速
46. 使执行原件与负载之间在转矩和转速方面达到合理的匹配
47. 实现指令信号和执行驱动信号之间的有效匹配
48. 信号类型转换，能量放大，质量的保证
49. 制动力矩 制动时间 制动距离（制动转角）
50. 螺母固定丝杆转动并移动、丝杆转动螺母移动、螺母转动丝杆移动、丝杆固定螺母

转动并移动

- 51. 外循环插管式 内循环反向器式
- 52. 单圆弧和双圆弧
- 53. 内循环和外循环
- 54. 双螺母螺纹预紧调整、双螺母齿差预紧调整、双螺母垫片调整预紧、弹簧自动调整

预紧

- 55. 偏心轴套调整法 双片薄齿轮错齿调整法
- 56. 单推—单推式、双推—双推式、双推—简支式、双推—自由式
- 57. 带螺旋槽的丝杆，螺母，滚动元件，回珠装置
- 58. 滚珠丝杠
- 59. 阻尼小，传动效率高，合理的结构设计，适应大刚度传递，可实现无间隙工作，不能自锁

能自锁

- 60. 机构
- 61. 仿形法 、 范成法
- 62. 尖顶从动键 、 滚子从动键 、 平底从动键
- 63. 打滑 疲劳损坏
- 64. 初拉力 F_0 当量摩擦系数 f 包角 α
- 65. 棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构、凸轮式间歇运动机构
- 66. 单圆弧
- 67. 双圆弧
- 68. 高的导向精度，高的耐磨性，足够的刚度，良好的工艺性
- 69. 三角形导轨、矩形导轨、燕尾形导轨、圆形导轨
- 70. 导向精度高 耐磨性好 足够的刚度 对温度变化的不敏感性和平稳
- 71. 圆柱面导轨和棱柱面导轨
- 72. 导向精度高 耐磨性好 足够的刚度 对温度变化的不敏感性
- 73. 运动件与承导件
- 74. 滚珠导轨、滚柱导轨、滚动轴承导轨等
- 75. 滑动摩擦
- 76. 滑动摩擦

- 77. 液体静压
- 78. 定量式 定压式
- 79. 滚珠循环式
- 80. 不易
- 81. 滚柱 滚动轴承
- 82. 结构刚度、接触刚度和局部刚度
- 83. 恒定载荷
- 84. 变变载荷
- 85. 结构刚度，接触刚度，局部刚度
- 86. 定轴轮系、 周转轮系、 混合轮系
- 87. 0°
- 88. 90° 0° 0
- 89. 齿顶高系数、顶隙系数、齿数、模数、压力角
- 90. 齿轮
- 91. 基轴 基孔
- 92. 径向 轴向
- 93. 心轴 传动轴 转轴
- 94. 定轴传动
- 95. 螺母固定，螺杆转动并移动； 螺杆转动，螺母移动
- 96. 螺杆的螺距误差
- 97. 结构简单，传递可靠，用几何特性来实现传动。
- 98. 传动齿轮，定位齿轮，行星轮和行星架
- 99. 结构紧凑，可实现传动比更大，几何特性和机构传动原理来实现。
- 100. 钢轮，柔轮，波发生器
- 101. 谐波传动
- 102. 滚动轴承 滑动轴承 静压轴承
- 103. 静压轴承
- 104. 内循环 外循环
- 105. 外循环插管式 内循环反向器式

106. 简单的直线运动控制
107. 滚动轴承 滑动轴承
108. 偏心轴套调整法 双片薄齿轮错齿调整法
109. 偏心轴套调整法 双片薄齿轮错齿调整法 垫片调整法 轴向压簧调整法 周向弹簧调整法
110. 垫片调整法 轴向压簧调整法
111. 垫片调隙式 螺纹调隙式 齿差调隙式
112. 增大而减小
113. 简单的直线运动控制类型
114. 谐波传动
115. 是依靠柔性齿轮所产生的可控制弹性变形波，引起齿间的相对位移来传递动力和运动的。
116. 增加 增大 变慢 降低 下降 谐振
117. 输入变化对输出变化
118. 分辨力 阈值
119. 脉冲信号
120. 测量
121. 在被测量随时间变化过程中进行测量时所产生的附加误差称动态误差。
122. 系统精度
123. 螺距误差校正装置
124. 空回
125. 利用单向作用、利用调整螺母、轴向调整法、利用塑料螺母
126. 螺杆与螺母
127. 传递函数
128. 输入（如电机转子运动）和输出（如工作台运动）
129. 位置和速度
130. 加速力矩为常值和加速力矩随时间而变化
131. 把开始加速时的电机输出力矩和最大电机输出力矩的平均值作为平均加速力矩；
根据电机输出力矩——转速曲线和负载——转速曲线来求出平均加速力矩
132. 串行 并行

- 133. 位
- 134. 字符
- 135. 全双工方式和半双工方式、同步方式和异步方式
- 136. 控制软件 硬件接口
- 137. 前小后大
- 138. 20KHz 3.6
- 139. 0.02
- 140. 传动机构、导向机构和执行器
- 141. 位置和速度
- 142. 动力元件、执行元件、控制元件和辅助元件
- 143. 操作指导控制系统 直接控制系统 监督计算机控制系统 分级计算机控制系统
- 144. 单元控制级和设备控制级
- 145. 模拟量输入通道 模拟量输出通道 数字量输入通道 数字量输出通道
- 146. 电磁式、液压式、气压式和其他形式的执行元件
- 147. 伺服控制系统
- 148. 阻尼合理 刚度大 抗振性好 间隙小
- 149. 静态设计
- 150. 电磁式 液压式 气压式
- 151. 稳定性和精度
- 152. 阻尼 摩擦 惯量
- 153. 系统精度 稳定性 响应特性 工作频率
- 154. 控制器、执行环节、检测装置、比较环节、被控对象
- 155. 气源装置、执行元件、控制元件和辅助元件
- 156. 数据格式转换、放大、通信联络
- 157. 变频调速
- 158. 改变电机通电频率
- 159. 响应特性
- 160. 阻尼 摩擦 弹性变形 惯量
- 161. 等腰三角波 正弦波
- 162. 脉冲宽度调制

- 163. SPWM
- 164. 步距误差 最大静转矩 启动矩一频特性 运行矩频特性 最大相电压和最大相电流
- 165. 提高驱动信号，控制有效，可靠性，整形抗干扰电路。
- 166. 单极驱动 双极驱动 高低电压驱动 斩波电路驱动 细分电路驱动
- 167. 以电子换向取代了传统的直流电动机的电刷换向的电动机
- 168. 方向控制电路、环形分配电路、驱动放大电路
- 169. 采用计算机软件分配器 小规模集成电路搭接的硬件分配器 专用模块分配器
- 170. 反应式步进电机、永磁式步进电机、混合式步进电机。
- 171. 高
- 172. 脉冲信号发生器、分频器、脉冲分配器和脉冲放大器。
- 173. 环形分配，对控制信号进行功率放大
- 174. 伺服电机
- 175. 单电源驱动电路 双电源驱动电路 斩波限流驱动电路
- 176. 参考脉冲频率 转向电平 位置电平
- 177. 单拍工作方式和倍拍工作方式
- 178. 结构形式和工作方式 细分电路
- 179. 参考脉冲序列
- 180. 环形分配器 功率放大器 步进电动机
- 181. 控制施加在电枢绕组两端的电压信号
- 182. 恒转矩
- 183. 恒功率
- 184. 改变励磁电流的大小来改变定子磁场强度
- 185. 电枢电压控制
- 186. 磁极、电枢、电刷及换向片结构
- 187. 半闭环控制
- 188. 直流伺服电动机的机械特性较硬
- 189. 具有反馈的控制系统
- 190. 没有反馈的控制系统
- 191. 讨论控制原理、控制规律、分析方法和自动系统的构造等
- 192. 自动控制原理及方法 自控部件

193. 控制量为开关量和少量数据信息的模拟量小
194. 数据处理量大
195. STD 总线工业控制机、PC 总线工业控制机、CAN 总线工业控制机
196. 多层次、复杂的机电一体化
197. 开环 闭环
198. 自动控制
199. 恒转矩工作和恒功率 额定转速和额定功率 恒转矩
200. 单双相轮流通电方式
201. a) 恒转矩 b) 恒功率
202. $L = (\theta_p / 360^\circ) N$ $V = (\theta_p / 360^\circ) f$
203. 为了安全 为了给系统提供一个基准电位
204. 互不干扰； 接线多，复杂。
205. 1) 最简单； 前后相互干扰 2) 干扰小； 接线多，复杂，低频 (<1MHZ)。
206. 一点接地、多点接地
207. 环形分配器 功率驱动器 步进电机
208. 串行通信是数据按位进行传送的。在传输过程中，每一位数据都占据一个固定的时间长度，一位一位的串行传送和接收。串行通信又分为全双工方式和半双工方式、同步方式和异步方式。
209. 直接存储器存取
210. 硬件在外设与内存间直接进行数据交换 (DMA) 而不通过 CPU。
211. 模块化设计 系统组成 修改和扩展方便
212. 外设与内存间
213. 数据格式转换、通信联络
214. 并行接口和串行接口
215. 模拟量 I/O 通道和数字量 I/O 通道
216. I/O 接口电路也简称接口电路。它是主机和外围设备之间交换信息的连接部件 (电路)。它在主机和外围设备之间的信息交换中起着桥梁和纽带作用。
217. I/O 通道也称为过程通道，它是计算机和控制对象之间信息传送和变换的连接通道。

- 218. I/O 接口电路
- 219. I/O 通道
- 220. 人机接口
- 221. 数据格式转换、通信联络、放大
- 222. 程序控制方式、中断控制方式、直接存储器存取方式。
- 223. 独立编址；与存储器统一编址。
- 224. 独立编址方式
- 225. 统一编址方式
- 226. 独立编址方式
- 227. 统一编址方式
- 228. A / D 接口
- 229. D / A 接口
- 230. 信号的采样/保持、多路转换（多传感器输入时）、A/D 处理
- 231. 把一些需要输入或输出的数据由于 CPU 或外设来不及处理的数据传送到缓冲器保存起来。
- 232. 电压输出、电流输出、频率输出
- 233. 整流器电、逆变器、斩波器、交流调压器、周波变流器
- 234. 整流器电
- 235. 逆变器
- 236. 斩波器
- 237. 交流调压器
- 238. 周波变流器
- 239. 直线和圆盘式 直线位移和转角
- 240. 低通、高通、带通、带阻等滤波器。
- 241. 低通滤波器
- 242. 高通滤波器
- 243. 带通滤波器
- 244. 带阻滤波器
- 245. 传感器的静态特性
- 246. 步进电动机每相绕组所允许施加的最大电源电压和流过的最大电流。

- 247. 最高工作频率
- 248. 最高工作频率
- 249. 线性度、灵敏度、迟滞、重复性、分辨率和零漂。
- 250. 电阻应变效应
- 251. 电阻应变效应
- 252. 几何尺寸 材料的电阻率
- 253. 电感
- 254. 模拟信号检测传感器、数字信号检测传感器、开关信号检测传感器。
- 255. 改变极板面积的变面积式、改变极板距离的变间隙式、改变介电常数的变介电常数
- 256. 检测传感器
- 257. 冷端为零度时
- 258. 传感器的线性度 非线性误差
- 259. 算法
- 260. 传感器
- 261. 一感二传
- 262. 对系统运行中所需要的本身和外界环境的各种参数及状态进行检测，传输到信息处理单元，经分析处理后产生控制信息。
- 263. 灵敏度 线性度
- 264. 感元件、传感元件和转换电路
- 265. 非接触测量 接触测量
- 266. 按用途、工作原理、变换原理、输出信号性质
- 267. 应变式、压电式、电磁感应式
- 268. 利用惯性质量受加速度所产生的惯性力而造成的各种物理效应，进一步转化成电量，间接度量被测加速度。
- 269. 控制电路的功率、响应速度、频带宽度、可靠性。
- 270. 直流电 交流电
- 271. 模拟信号存储器
- 272. 数字量 模拟量 开关量 脉冲量
- 273. 数字化信号

274. 传感器的线性度

275. 热电阻

276. 热电

277. 2

278. 前馈控制器

279. 压电效应：某些电介质，当沿着一定的方向对它施加力而使它产生变形时，内部就会产生极化现象，同时在它的两个表面上将产生符号相反的电荷。当外力去掉后，它又重新恢复到不带电的状态，这种现象被称为压电效应。

280. 常开

281. 常闭

282. 并行 串行

283. 继电器

284. 晶体管

285. 双向晶闸管

286. 继电器 PLC

287. 电源 输入 / 输出接口

288. 可编程控制器 (Programmable Logical Controller)

289. CPU 存储器 接口模块

290. 运行和停止状态

291. 带有前馈控制系统的反馈控制器

292. 使系统能以稳定的零误差跟踪已知的输入信号

293. 变压器隔离 光电隔离

294. 增量式和绝对式

295. 敏感元件是直接可以感受被测量的变化，并输出与被测量成确定关系的元件。

296. 步距误差

297. 传感元件

298. 基本转换电路

299. 可编程控制器和工业计算机

300. 具有可靠性高，适应性强，但成本高，应采取一定的抗干扰措施等。

301. 单片机和单板机

- 302. 由专用 IC 芯片，接口电路，执行元件，传感器相互合理匹配成专用控制器。
- 303. 软件采用专用机器代码或语言，可靠性强，成本低，但适应能力差。
- 304. 数据信息、状态信息和控制信息
- 305. 输入工作方式：(1) 直通方式 (2) 单缓冲方式 (3) 双缓冲方式
- 306. 输出工作方式：(1) 单极性输出 (2) 双极性输出
- 307. 4 °C +2°C
- 308. 20mm
- 309. 1) 计算机软件 2) 硬件分配 3) 专用环形分配器
- 310. 1) 操作指导控制系统 2) 直接控制系统 3) 监督计算机控制系统 4)

分级计算机控制系统

- 311. 1) 单片机 2) PLC 3) 总线工控机等类型
- 312. 伺服控制系统
- 313. 自动化制造系统
- 314. 伺服电动机
- 315. 控制器、功率放大器、执行机构和检测装置
- 316. 系统精度、稳定性、响应特性、工作频率
- 317. 比较环节 控制器 执行环节 被控对象 检测环节
- 318. 被控量参数特性不同
- 319. 驱动元件的类型
- 320. 电机类型的不同
- 321. 控制原理
- 322. 专门的电路或计算机
- 323. 计算机或 PID
- 324. 单片机
- 325. 控制器
- 326. ①干扰源；②对干扰敏感的接收电路；③干扰源到接收电路之间的传输途径
- 327. 干扰源 传播途径 接受干扰对象
- 328. 电压或电流
- 329. 静电干扰 磁场耦合干扰 漏电耦合干扰
- 330. 工频干扰

331. 是指同时加载在各个输入信号接口断的共有的信号干扰。
332. 软件滤波
333. 时间原则 空间原则 属性原则
334. 1) 电压、电流; 2) 电磁场
335. 静电干扰 磁场耦合干扰 漏电耦合干扰 共阻抗干扰 电磁辐射
干扰
336. 隔离、滤波、接地
337. 滤波
338. 抑制干扰源
339. 屏蔽
340. 漏电干扰、共阻抗感应干扰; 静电干扰、磁场干扰、电磁辐射干扰
341. 光电隔离、变压器隔离和继电器隔离
342. 光电耦合器
343. 光电隔离
344. 光耦合器的光电转换元件输入电路, 光源, 光敏元件, 输出放大电路。
345. 光电隔离电路
346. 铜、铝等导电性能良好的金属
347. 铁等高导磁率
348. 变频器
349. 整流电路、直流中间电路、逆变电路和控制电路组成
350. 1) 通过 受到抑制、衰减, 不让通过 2) 通过 抑制, 不让通过
351. PLC
352. STD 总线工业控制机 CAN 总线工业控制机
353. 光栅根据制造方法和光学原理不同可划分为: 透射光栅、反射光栅。
354. 伺服系统设计包括: 静态设计和动态设计。
355. 步进电动机可分为永磁式、可变磁阻式、混合式。
356. 直流伺服电机选型需要满足惯量匹配原则和容量匹配原则。
357. 谐波齿轮由刚轮、柔轮、波形发生器三个主要构件组成。
358. PLC 的一个扫描周期内, 程序执行分为三个阶段: 输入采样、程序执行、输出刷新。

359. PAD 图又称问题分析图。

360. 响应特性:指的是输出量跟随输入指令变化的反应速度,决定了系统的工作效率。

361. 可编程控制器 (Programmable Logical Controller) 简称 PLC。是一种在继电器控制和计算机控制的基础上开发出来,并逐渐发展成为以微处理器为核心,把自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体的新型工业自动控制装置,广泛应用在各种生产机械和生产过程的自动控制中。

362. 并行 串行

363. 继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出

364. RS232C、RS485、RS422

365. 用户程序、数据块和参数

366. 立即寻址、直接寻址和间接寻址

367. 柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System)

368. 自动化加工设备,工件储运系统,刀具储运系统,多层计算机控制系统等

369. PPI 协议

370. 通信协议

371. MPS 系统

372. RGV

373. 自驱和它驱

374. AGV

375. 新的国家强制性认证标志名称为“中国强制认证”。

三 判断题

1. √

2. √

3. √

4. √

5. √

6. √

7. ✓
8. ✕
9. ✓
10. ✓
11. ✓
12. ✓
13. ✕
14. ✕
15. ✓
16. ✕
17. ✓
18. ✓
19. ✓
20. ✕
21. ✓
22. ✓
23. ✕
24. ✓
25. ✕
26. ✕
27. ✕
28. ✕
29. ✓
30. ✓
31. ✓
32. ✓
33. ✓
34. ✕
35. ✕
36. ✓

- 37. ✓
- 38. ✕
- 39. ✓
- 40. ✓
- 41. ✓
- 42. ✓
- 43. ✓
- 44. ✓
- 45. ✕
- 46. ✓
- 47. ✓
- 48. ✓
- 49. ✕
- 50. ✕
- 51. ✕
- 52. ✓
- 53. ✓
- 54. ✓
- 55. ✓
- 56. ✓
- 57. ✓
- 58. ✕
- 59. ✕
- 60. ✓
- 61. ✕
- 62. ✕
- 63. ✕
- 64. ✓
- 65. ✕
- 66. ✕

- 67. ✓
- 68. ✕
- 69. ✓
- 70. ✓
- 71. ✓
- 72. ✓
- 73. ✕
- 74. ✕
- 75. ✕
- 76. ✕
- 77. ✕
- 78. ✓
- 79. ✓
- 80. ✓
- 81. ✓
- 82. ✕
- 83. ✓
- 84. ✓
- 85. ✓
- 86. ✓
- 87. ✕
- 88. ✕
- 89. ✓
- 90. ✓
- 91. ✓
- 92. ✓
- 93. ✓
- 94. ✓
- 95. ✓
- 96. ✓

- 97. ✓
- 98. ✓
- 99. ✕
- 100. ✓
- 101. ✓
- 102. ✓
- 103. ✓
- 104. ✓
- 105. ✓
- 106. ✕
- 107. ✓
- 108. ✕
- 109. ✓
- 110. ✓
- 111. ✓
- 112. ✕
- 113. ✕
- 114. ✓
- 115. ✕
- 116. ✕
- 117. ✕
- 118. ✕
- 119. ✕
- 120. ✕
- 121. ✕
- 122. ✓
- 123. ✓
- 124. ✕
- 125. ✓
- 126. ✓

- 127. ✓
- 128. ✕
- 129. ✓
- 130. ✓
- 131. ✓
- 132. ✓
- 133. ✓
- 134. ✓
- 135. ✓
- 136. ✓
- 137. ✓
- 138. ✓
- 139. ✓
- 140. ✓
- 141. ✓
- 142. ✓
- 143. ✓
- 144. ✓
- 145. ✓
- 146. ✕
- 147. ✓
- 148. ✕
- 149. ✓
- 150. ✕
- 151. ✕
- 152. ✕
- 153. ✕
- 154. ✓
- 155. ✕
- 156. ✓

- 157. ✕
- 158. ✕
- 159. ✓
- 160. ✕
- 161. ✕
- 162. ✕
- 163. ✕
- 164. ✓
- 165. ✓
- 166. ✓
- 167. ✓
- 168. ✕
- 169. ✕
- 170. ✓
- 171. ✓
- 172. ✓
- 173. ✓
- 174. ✓
- 175. ✓
- 176. ✓
- 177. ✕
- 178. ✕
- 179. ✓
- 180. ✕
- 181. ✓
- 182. ✕
- 183. ✕
- 184. ✕
- 185. ✕
- 186. ✕

- 187. ✕
- 188. ✓
- 189. ✓
- 190. ✓
- 191. ✕
- 192. ✕
- 193. ✕
- 194. ✓
- 195. ✕
- 196. ✓
- 197. ✕
- 198. ✓
- 199. ✕
- 200. ✕
- 201. ✓
- 202. ✓
- 203. ✕
- 204. ✕
- 205. ✕
- 206. ✕
- 207. ✕
- 208. ✕
- 209. ✓
- 210. ✓
- 211. ✓
- 212. ✓
- 213. ✓
- 214. ✕
- 215. ✓
- 216. ✓

- 217. ✕
- 218. ✓
- 219. ✓
- 220. ✓
- 221. ✓
- 222. ✓
- 223. ✕
- 224. ✕
- 225. ✕
- 226. ✕
- 227. ✕
- 228. ✕
- 229. ✕
- 230. ✓
- 231. ✕
- 232. ✓
- 233. ✕
- 234. ✕
- 235. ✓
- 236. ✓
- 237. ✕
- 238. ✓
- 239. ✓
- 240. ✓
- 241. ✕
- 242. ✕
- 243. ✓
- 244. ✓
- 245. ✓
- 246. ✓

- 247. ✕
- 248. ✕
- 249. ✕
- 250. ✕
- 251. ✓
- 252. ✓
- 253. ✕
- 254. ✓
- 255. ✓
- 256. ✓
- 257. ✕
- 258. ✕
- 259. ✓
- 260. ✓
- 261. ✕
- 262. ✕
- 263. ✕
- 264. ✓
- 265. ✕
- 266. ✕
- 267. ✓
- 268. ✓
- 269. ✕
- 270. ✓
- 271. ✓
- 272. ✓
- 273. ✕
- 274. ✓
- 275. ✕
- 276. ✓

277. ✓
278. ✓
279. ✓
280. ✕
281. ✕
282. ✓
283. ✓
284. ✓
285. ✕
286. ✓
287. ✕
288. ✕
289. ✕
290. ✓
291. ✓
292. ✕
293. 1) ✓ 2) ✓ 3) ✓ 4) ✓ 5) ✕
294. ✕
295. ✕
296. 1) ✓ 2) ✓ 3) ✓ 4) ✓
297. ✓
298. ✕
299. ✕
300. ✕
301. ✓

四 单项选择题

- 1) D

- 2) C
- 3) D
- 4) C
- 5) A
- 6) B
- 7) A
- 8) A
- 9) B
- 10) A
- 11) D
- 12) D
- 13) B
- 14) C
- 15) B
- 16) D
- 17) B
- 18) B
- 19) B
- 20) B
- 21) C
- 22) D
- 23) A
- 24) B
- 25) B
- 26) C
- 27) A
- 28) D
- 29) C
- 30) C
- 31) C

- 32) A
- 33) D
- 34) A
- 35) D
- 36) D
- 37) A
- 38) C
- 39) A
- 40) C
- 41) B
- 42) C
- 43) A
- 44) A

五 多项选择

- 1. ABCD
- 2. ABC
- 3. ABC
- 4. ABCD
- 5. ABCD
- 6. ABCD
- 7. ABC
- 8. ABCD
- 9. ABCD
- 10. ABCD
- 11. ABCD
- 12. A B
- 13. ABCD

14. ABCD
15. ABCD
16. ABD
17. ABC
18. ABCD
19. ABCD
20. ABCD
21. ABCD
22. ABC
23. AB
24. ABCD
25. AB
26. AB
27. ABCD
28. ABCD
29. AB
30. ABC
31. ABC
32. AB
33. ABC
34. AC
35. ABCD
36. AB
37. ABCD
38. ABCD
39. BCD
40. BCD
41. ABC
42. AB
43. ABC

- 44. ABC
- 45. AB
- 46. ABCD
- 47. ABC
- 48. ABCD
- 49. ABCD
- 50. BC
- 51. AB
- 52. AB
- 53. ABCD
- 54. ABD
- 55. ABD
- 56. BCD
- 57. ABC
- 58. ABC
- 59. AB
- 60. ABCD
- 61. ABCD
- 62. ABCD
- 63. ABC
- 64. ABC
- 65. ABCD
- 66. ABCD
- 67. ABD
- 68. ABCD
- 69. ABC
- 70. AB
- 71. CD
- 72. ABCD
- 73. ABCD

- 74. ABCD
- 75. ABC
- 76. AB
- 77. ABCD
- 78. AB
- 79. AB
- 80. ABC
- 81. AB
- 82. AB
- 83. ABC
- 84. ABCD
- 85. AB
- 86. ABC
- 87. ABC
- 88. ABC
- 89. ABC
- 90. ABCD
- 91. ABCD
- 92. AB
- 93. ABCD
- 94. ABCD
- 95. AB
- 96. ABC
- 97. ABCD
- 98. ABCD
- 99. ABC
- 100. AB
- 101. ABD
- 102. AB
- 103. ABC

104. ABC

105. ABC

六 计算题

1. 解法： 根据

$$\xi = \frac{f_m + f}{2\sqrt{JK}} = 0.369$$

$$\varphi_c = 79^\circ$$

$$\Omega_c = \frac{2(T_s - T_c)}{(f_m + f)(1 + \frac{1-\varepsilon}{\xi} \tan \varphi_c)} = 0.0115 \text{ rad/s}$$

2. 10s 内转轴转了多少转： $307200 \div 1024 = 300$ （转）

位移量：（ \therefore 螺距 $T=2\text{mm}$ ） $\therefore 300 \times 2 = 600$ （mm）

转速： $300 \div 10 = 30$ （转/秒）

3. 1) $K=2$; $M=5$, $Z=24$; $\alpha = 360/2 \times 5 \times 24 = 1.5^\circ$

2) $f=400\text{Hz}$

4. $K=1$; $M=3$, $Z=100$ $\alpha = 360/1 \times 3 \times 100 = 1.2^\circ$ $f=600\text{Hz}$

5. $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。

6. 1) 计算负载力

负载力由外负载力、惯性负载力两部分构成

外负载力 $F_1 = 1000\text{N}$

惯性负载力 $F_m = m \cdot \alpha = 50 \times 10 = 500\text{N}$

$$T_M = \frac{1}{i} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot (F_1 + F_m) \cdot \frac{1}{\eta}$$

$$\begin{aligned} \text{2) 电机上的负载力矩为} &= \frac{1}{5} \cdot \frac{4 \times 10^{-3}}{2\pi} \cdot (1000 + 500) \cdot \frac{1}{0.3} \\ &= 0.63\text{N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

7. (1) 高速端测量

设传感器的每转脉冲数为， n ，每个脉冲对应工作台的位移为 $\Delta L = \frac{t}{in}$

由测量精度： $\Delta L = 0.005mm$ ，则 $n = \frac{4}{i\Delta L} = \frac{4}{5 \times 0.005} = 160$ 脉冲/rad

选取 $n=200$ 光电编码器，则理论测量精度 $\Delta L' = \frac{4}{5 \times 0.005} = 160$ 脉冲/rad

选取 $n=200$ 光电编码器，则理论测量精度 $\Delta L' = \frac{4}{5 \times 200} = 0.004 < 0.005$

满足题目要求。

(2) 低速端测量

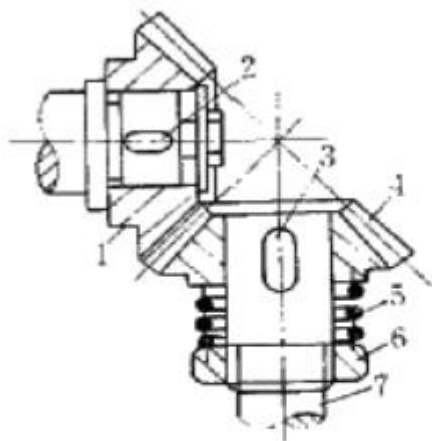
传感器直接与丝杠连接，与减速比无关

$$\Delta L = \frac{t}{n}$$

$$n = \frac{t}{\Delta L} = \frac{4}{0.005} = 800 \text{ 脉冲/rad}$$

可知 $n=500$ 脉冲/rad 的编码器不合用。

8. 在锥齿轮 4 的传动轴 7 上装有压簧 5，其轴向力大小由螺母 6 调节。锥齿轮 4 在压簧 5 的作用下可轴向移动，从而消除了其与啮合的锥齿轮 1 之间的齿侧间隙。



1、4—锥齿轮 2、3—键
5—压簧 6—螺母 7—轴

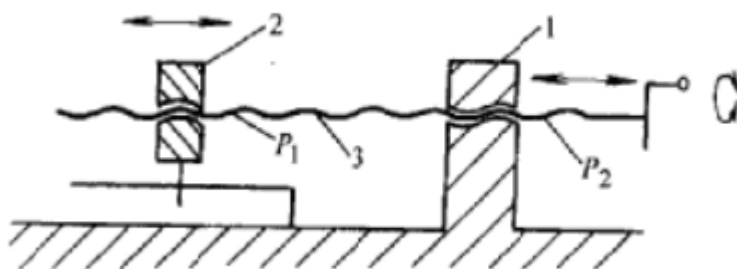
9. 当螺杆转动 φ 时, 可动螺母 2 的移动距离为

$$l = \frac{\varphi}{2\pi} (P_{h1} - P_{h2}) \quad (1)$$

如果 P_{h1} 与 P_{h2} 相差很小, 则 L 很小。因此差动螺旋常用于各种微动装置中。若螺杆 3 左、右两段螺纹的旋向相反, 则当螺杆转动 φ 时, 可动螺母 2 的移动距离为

$$l = \frac{\varphi}{2\pi} (P_{h1} + P_{h2}) \quad (2)$$

可见, 此时差动螺旋变成快速移动螺旋, 即螺母 2 相对螺母 1 快速趋近或离开。这种螺旋装置用于要求快速夹紧的夹具或锁紧装置中。



10. 解法一: 设滚珠丝杠副采用采用一端固定一端游动方式,

(1) 求计算载荷 F_c

查表 2-4 决定选 D 级精度丝杠, 查表 2-6、2-7、2-8, 取 $K_F=1.2$, $K_H=1.0$, $K_A=1.0$

$$F_c = K_F \cdot K_H \cdot K_A \cdot F_m = 4000 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 = 4800N$$

(2) 计算额定动载荷

$$C_a' = F_c \sqrt[3]{\frac{n_m L_n'}{1.67 \times 10^4}} = 4800 \times \sqrt[3]{\frac{120 \times 14400}{1.67 \times 10^4}} = 22534.6 N$$

(3) 初选丝杠

$$F_{c1} - 5008 - 2.5 \quad C_a = 22556 N$$

$$F_{c1} - 6308 - 3 \quad C_a = 29715 N$$

考虑各种因素选用 $F_{c1} - 6308 - 3$ ，由表 2-9 得

$$D_0 = 63 \text{ mm}, \quad P = 8 \text{ mm}, \quad d_0 = 4.763 \text{ mm}, \quad \lambda = 2^\circ 19', \quad R = (0.52 \sim 0.58) d_0 = 2.477 \text{ mm} (\text{取 } 0.52), \\ e = 0.707 (R - 0.5 d_0) = 0.0675 \text{ mm}, \quad d_1 = D_0 + 2e - 2R = 58.18 \text{ mm},$$

(4) 校验

1) 稳定性校验

➤ 由于一端轴向固定的长丝杠在工作时可能会发生失稳，所以在设计时应验算其安全系数 S ，其值应大于丝杠副传动结构允许安全系数 $[S]$ (见表 2—10)。

临界载荷 F_{cr} (N) 计算：

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 EI_a}{(\mu l)^2}$$

$$I_a = \frac{\pi d_1^4}{64} = \frac{\pi \times 0.05818^4}{64} = 5.624 \times 10^{-7} m^4$$

查表 2—10， $\mu = 2/3$ ， $f_c = 3.937$ ， $[S] : 2.5 \sim 3.3$ 。

$$F_{cr} = \frac{3.14^2 \times 206 \times 10^9 \times 5.624 \times 10^{-7}}{(\frac{2}{3} \times 2)^2} = 6.432 \times 10^5 N$$

$$S = \frac{F_{cr}}{F_m} = \frac{6.432 \times 10^5}{4000} = 161 > [S]$$

丝杠是安全的，不会失稳。

➤ 高速长丝杠工作时可能发生共振，因此要求最高转速小于临界转速。

本题未已知最高转速，所以需计算出临界转速以决定运行的最高转速。

$$n_{cr} = 9910 \times \frac{3.927^2 \times 0.05818}{(\frac{2}{3} \times 2)^2} = 5001 r / \min$$

所以运行的最高转速应低于 5000r/min。

$$\triangleright D_o n = 63 \times 120 \text{ mm} \cdot \text{r/min} = 7560 \text{ mm} \cdot \text{r/min} < 7 \times 10^4 \text{ mm} \cdot \text{r/min}$$

所以该丝杠副工作稳定。

2) 刚度校验

$$\Delta L_0 = \pm \frac{PF}{EA} \pm \frac{P^2 T}{2\pi G J_C}$$

$$\text{其中截面积 } A = \frac{1}{4} \pi d_1^2 = \frac{1}{4} \pi \times (58.18 \times 10^{-3})^2 = 2.66 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\text{极惯性矩 } J_C = \frac{\pi d_1^4}{32} = \frac{\pi}{32} \times (58.18 \times 10^{-3})^4 = 1.12 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\text{转矩 } T = F_m \cdot \frac{D_0}{2} \cdot \tan(\lambda + \rho) = 4000 \times \frac{0.063}{2} \times \tan(2^\circ 19' + 8' 40'') = 5.4 \text{ N} \cdot \text{m}$$

取最不利的情况

$$\begin{aligned} \Delta L_0 &= \frac{PF}{EA} + \frac{P^2 T}{2\pi G J_C} = \frac{8 \times 10^{-3} \times 4000}{206 \times 10^9 \times 2.66 \times 10^{-3}} + \frac{(8 \times 10^{-3})^2 \times 5.4}{2\pi \times 83.3 \times 10^9 \times 1.12 \times 10^{-6}} \\ &= 5.9 \times 10^{-8} \text{ m} = 0.059 \mu\text{m} \end{aligned}$$

$$\Delta L = \frac{L}{P} \cdot \Delta L_0 = \frac{2}{8 \times 10^{-3}} \times 0.059 = 14.75 \mu\text{m} < \frac{1}{2} \sigma = \frac{1}{2} \times 40 \mu\text{m} = 20 \mu\text{m}$$

所以该丝杠刚度满足要求。

2) 效率校验

$$\eta = \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \rho)} = \frac{\tan(2^\circ 19')}{\tan(2^\circ 19' + 8' 40'')} = 0.937 = 93.7\%$$

η 要求在 90%~95%之间。所以该丝杠效率满足要求。

经验证 F_{c1} -6308-3 型丝杠可满足要求。

解法二：设滚珠丝杠副采用采用两端固定方式，

(1) 求计算载荷 F_C

查表 2-4 决定选 D 级精度丝杠，查表 2-6、2-7、2-8，取 $K_F=1.2$ ， $K_H=1.0$ ， $K_A=1.0$

$$F_C = K_F \cdot K_H \cdot K_A \cdot F_m = 4000 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 = 4800 \text{ N}$$

(2) 计算额定动载荷

$$C_a' = F_c \sqrt[3]{\frac{n_m L_n'}{1.67 \times 10^4}} = 4800 \times \sqrt[3]{\frac{120 \times 14400}{1.67 \times 10^4}} = 22534.6N$$

(3) 初选丝杠

FC₁-5008-2.5 Ca=22556N

FC₁-6308-3 Ca=29715N

考虑各种因素选用 FC₁-6308-3, 由表 2-9 得

D₀=63mm, P=8mm, d₀=4.763mm, λ=2° 19', R=(0.52~0.58) d₀=2.477mm(取 0.52),

e=0.707(R-0.5d₀)=0.0675mm, d₁=D₀+2e-2R=58.18mm,

(4) 校验

由于采用两端固定形式, 所以稳定性不需要校验, 只需要进行刚度和效率校验。

1) 刚度校验

$$\Delta L_0 = \pm \frac{PF}{EA} \pm \frac{P^2 T}{2\pi G J_C}$$

$$\text{其中截面积 } A = \frac{1}{4} \pi d_1^2 = \frac{1}{4} \pi \times (58.18 \times 10^{-3})^2 = 2.66 \times 10^{-3} m^2$$

$$\text{极惯性矩 } J_C = \frac{\pi d_1^4}{32} = \frac{\pi}{32} \times (58.18 \times 10^{-3})^4 = 1.12 \times 10^{-6} m^4$$

$$\text{转矩 } T = F_m \cdot \frac{D_0}{2} \cdot \tan(\lambda + \rho) = 4000 \times \frac{0.063}{2} \times \tan(2^\circ 19' + 8' 40'') = 5.4 N \cdot m$$

取最不利的情况。

$$\begin{aligned} \Delta L_0 &= \frac{PF}{EA} + \frac{P^2 T}{2\pi G J_C} = \frac{8 \times 10^{-3} \times 4000}{206 \times 10^9 \times 2.66 \times 10^{-3}} + \frac{(8 \times 10^{-3})^2 \times 5.4}{2\pi \times 83.3 \times 10^9 \times 1.12 \times 10^{-6}} \\ &= 5.9 \times 10^{-8} m = 0.059 \mu m \end{aligned}$$

$$\Delta L = \frac{L}{P} \cdot \Delta L_0 = \frac{2}{8 \times 10^{-3}} \times 0.059 = 14.75 \mu m < \frac{1}{2} \sigma = \frac{1}{2} \times 40 \mu m = 20 \mu m$$

所以该丝杠刚度满足要求。

3) 效率校验

$$\eta = \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \rho)} = \frac{\tan(2^\circ 19')}{\tan(2^\circ 19' + 8' 40'')} = 0.937 = 93.7\%$$

η 要求在 90%~95%之间, 所以该丝杠效率满足要求。

经验证 FC₁-6308-3 型丝杠可满足要求。

11. 解法: $T_h=10000h$

$$\therefore T_h = \frac{T_s \times 10^3}{2L_s n}$$

$$\therefore T_s = 2T_h \cdot l_s \cdot n \times 10^{-3} = 2 \times 10000 \times 0.8 \times 3 \times 60 \times 10^{-3} = 2880km$$

$$F = \frac{F_z}{M} = \frac{18000}{4} = 4500N$$

$\therefore T \leq 120^\circ C$ \therefore 查表 2—15 选取 $f_f=0.9$, 表 2—16 选取 $f_c=0.81$, 表 2—17 选取 $f_v=2$,
表 2—18 选取 $f_H=1.0$

$$T_s = K \cdot \left(\frac{f_H f_f f_c}{f_w} \cdot \frac{C_a}{F} \right)^3$$

$$2880 = 50 \times \left(\frac{1.0 \times 0.9 \times 0.81}{2} \times \frac{C_a}{4500} \right)^3$$

$\therefore C_a=47678.5N$ 选 HJG-D55 其 $C_a=60700N > 47678.5N$, 可满足要求。

$$12. q = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{2i} = 5/212 = 0.00122$$

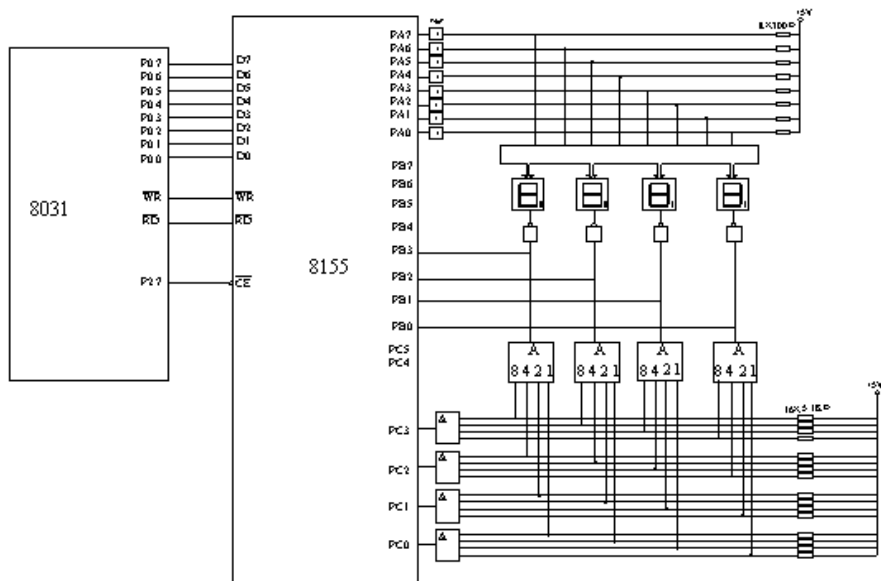
$$n = 3.5/0.00122 = 2869$$

2869 化为二进制为 101100110101

13. 光栅此时的位移: 细分前 4mm, 细分后 1mm

测量分辨率: 细分前 0.01 mm/线 细分后: 0.025

14. 解法: (1) 接口电路可以采用如图所示设计:

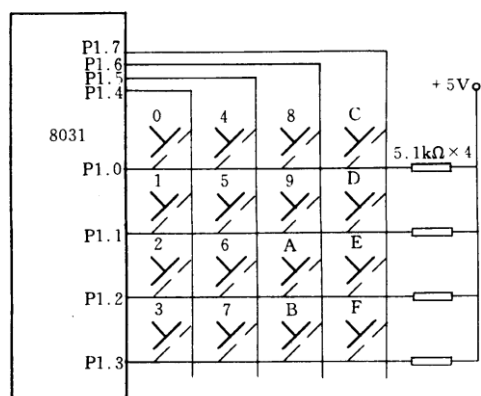


(2) PA7~PA0=a~GDP=11011010, PB3~PB0=1000, PC3~PC0=0010

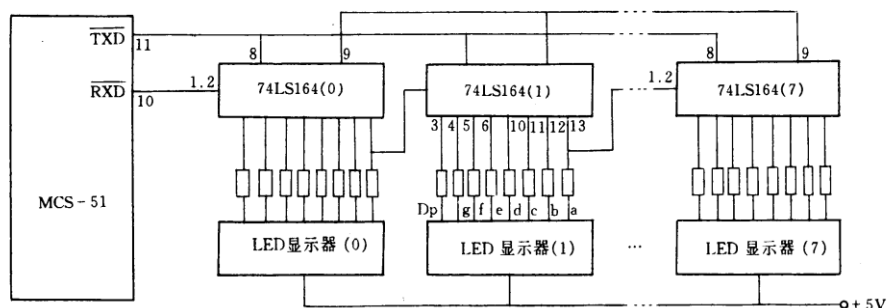
PA、PB 为输出口, PC 为输入口

PA 口完成字型控制, PB 口完成字位控制。

15. 解法: 接口逻辑电路如图所示。



16. 解法: 接口逻辑电路如图所示。



17. 量化单位 $q=1V$, 量化误差最大值 $e_{\max} = \pm 0.5V$ 。

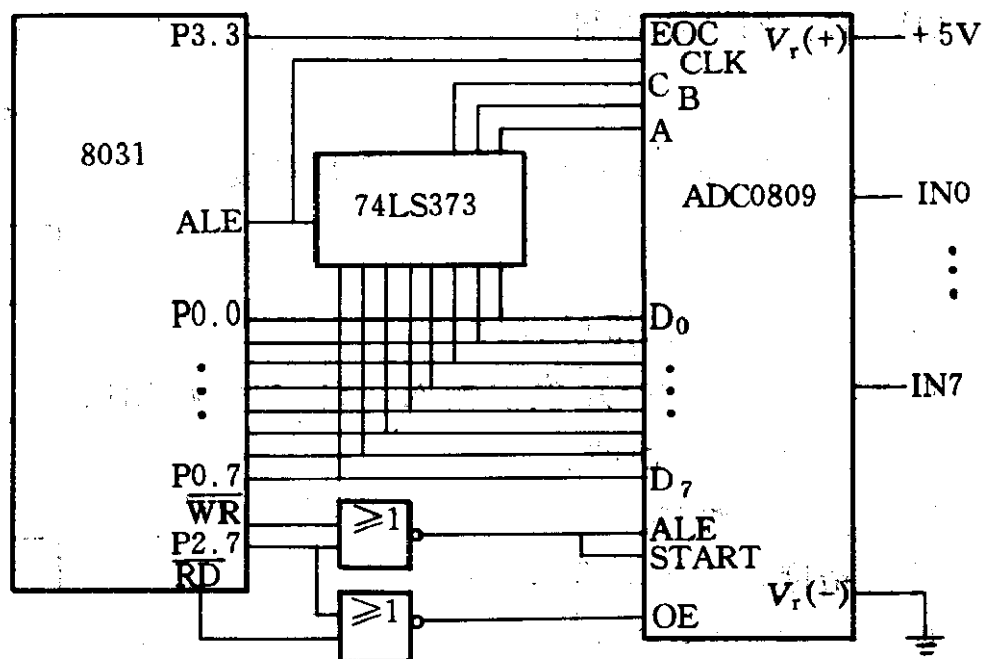
18. 三相交流感应电动机, 电源频率 50Hz, 空载转速为 1450r/min. (1) 4 极,
空载转差率 $n = (1500 - 1450) / 1500 = 3.3\%$ (2) 50Hz (3) 50Hz 16.5 Hz

19. $L = (\theta_p / 360^\circ) N$; $V = (\theta_p / 360^\circ) f$

20. 1) $K=2$; $M=3$, $Z=80$; $\alpha = 360 / (2 \times 3 \times 80) = 0.75^\circ$ $f=480\text{Hz}$

2) $K=1$; $M=3$, $Z=80$; $\alpha = 360 / (1 \times 3 \times 80) = 1.5^\circ$ $f=400\text{Hz}$

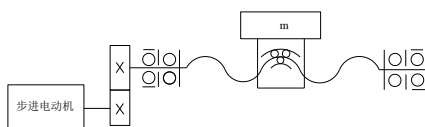
21. 解法：对应 0~10mm 量程，要求测量精度为 0.1mm，则选择的 A/D 转换器的转换精度即转换误差应小于 1% ($0.1/10=0.01=1\%$)；采样频率为 100 次/s，则要求 A/D 转换器的转换速度大于 100 次/s。所以应该选择 ADC0809。则接口电路如图所示。



22. 解法：

1) 减速器传动比计算

$$i = \frac{\alpha p}{360 \delta_p} = \frac{0.75 \times 6}{360 \times 0.01} = 1.25$$



2) 转动惯量计算

采用一级传动，齿轮齿数分别为： $Z_1=20$ ， $Z_2=25$ ，模数 $m=2\text{mm}$ ，齿宽 $b=20\text{mm}$

$$J_{Z1} = \frac{\pi \rho d_1^4 b}{32} = \frac{\pi \times 7.8 \times 10^3 \times (2 \times 20 \times 10^{-3})^4 \times 0.02}{32} = 3.92 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_{Z2} = \frac{\pi \rho d_2^4 b}{32} = \frac{\pi \times 7.8 \times 10^3 \times (2 \times 25 \times 10^{-3})^4 \times 0.02}{32} = 9.57 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

丝杠转动惯量为

$$J_s = \frac{\pi \rho d^4 l}{32} = \frac{\pi \times 7.8 \times 10^3 \times (32 \times 10^{-3})^4 \times 1.4}{32} = 1.12 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

步进电机轴上总当量转动惯量为

$$\begin{aligned}
J_d &= J_{z1} + \frac{1}{i^2}(J_{z2} + J_s) + \left(\frac{P}{2\pi i}\right)^2 m \\
&= 3.92 \times 10^{-5} + \frac{1}{1.25^2}(9.57 \times 10^{-5} + 1.12 \times 10^{-3}) + \left(\frac{0.006}{2\pi \times 1.25}\right)^2 \times 80 \\
&= 8.6 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2
\end{aligned}$$

3) 惯量匹配验算:

$$\frac{J_d}{J_m} = \frac{8.6 \times 10^{-4}}{1.8 \times 10^{-3}} = 0.48 \in [0.25, 1]$$

惯量匹配符合要求

$$J = J_m + J_d = 1.8 \times 10^{-3} + 8.6 \times 10^{-4} = 2.66 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

4) 转矩计算, 负载能力校验

$$\begin{aligned}
T_J &= J\varepsilon = J \frac{2\pi i}{P} \cdot \frac{V_{\max}}{\Delta t} = 2.66 \times 10^{-3} \times \frac{2\pi \times 1.25}{0.006} \times \frac{2}{30 \times 10^{-3} \times 60} \\
&= 3.86 \text{ N} \cdot \text{m}
\end{aligned}$$

$$T_\mu = \frac{P}{2\pi\eta i} F_\mu = \frac{P}{2\pi\eta i} mg\mu = \frac{0.006}{2\pi \times 0.8 \times 1.25} \times 800 \times 0.15 \approx 0.11 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_0 = \frac{P}{2\pi\eta i} F_0 (1 - \eta_0^2)$$

$$\text{其中 } F_0 = \frac{F_{W\max}}{3}$$

$$\begin{aligned}
F_{W\max} &= 1.15F_X + 0.15(F_Z + mg) \\
&= 1.15 \times 760 + 0.15(1520 + 80 \times 9.8) = 1222 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\therefore T_0 = \frac{0.006}{2\pi \times 0.8 \times 1.25} \times \frac{1222}{3} \times (1 - 0.9^2) \approx 0.074 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_W = \frac{P}{2\pi\eta i} F_{W\max} = \frac{0.006}{2\pi \times 0.8 \times 1.25} \times 1222 \approx 1.16 \text{ N} \cdot \text{m}$$

空载启动时电动机轴上的总负载转矩为:

$$T_q = T_J + T_\mu + T_0 = 3.86 + 0.11 + 0.074 = 4.04 \text{ N} \cdot \text{m}$$

最大外载荷下工作时, 电动机轴上的总负载转矩为:

$$T_1 = T_W + T_\mu + T_0 = 1.16 + 0.11 + 0.074 = 1.34 \text{ N} \cdot \text{m}$$

设电动机为五相步进电机，取系数为 0.809

$$T_{s1} = \frac{T_q}{0.809} \approx 5.0 N \cdot m$$

$$T_{s2} = \frac{T_l}{0.3 \sim 0.5} = \frac{1.34}{0.3 \sim 0.5} = 4.47 \sim 2.68 N \cdot m$$

由于 $T_s=10Nm$ ，显然 $T_s \geq \max\{T_{s1}, T_{s2}\}$

所以步进电动机可以不失步正常启动。

5) 系统刚度计算:

$$\text{两端轴向支撑时, } K_L = \frac{\pi d^2 E}{4} \left(\frac{1}{l} + \frac{1}{L-l} \right)$$

$$\text{当 } l = \frac{L}{2} \text{ 时, } K_{L\min} = \frac{\pi d^2 E}{L} = \frac{3.14 \times 0.032^2 \times 206 \times 10^9}{1.02} = 6.48 \times 10^8 N/m$$

$$\text{当 } l = 0.38m \text{ 时, } K_{L\max} = \frac{\pi d^2 E}{4} \left(\frac{1}{0.38} + \frac{1}{1.02 - 0.38} \right) = 6.94 \times 10^8 N/m$$

预紧时,

$$\begin{aligned} \frac{1}{K_{0\min}} &= \frac{1}{4K_B} + \frac{1}{K_N} + \frac{1}{4K_{L\min}} \\ &= \frac{1}{4 \times 1.5 \times 10^8} + \frac{1}{0.95 \times 10^9} + \frac{1}{4 \times 6.48 \times 10^8} = 3.1 \times 10^{-9} \end{aligned}$$

$$\therefore K_{0\min} = 3.225 \times 10^8 N/m$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{K_{0\max}} &= \frac{1}{4K_B} + \frac{1}{K_N} + \frac{1}{4K_{L\max}} \\ &= \frac{1}{4 \times 1.5 \times 10^8} + \frac{1}{0.95 \times 10^9} + \frac{1}{4 \times 6.94 \times 10^8} = 3.08 \times 10^{-9} \end{aligned}$$

$$\therefore K_{0\max} = 3.247 \times 10^8 N/m$$

丝杠的扭转刚度

$$K_T = \frac{\pi d^4 G}{32L} = \frac{3.14 \times 0.032^4 \times 83.3 \times 10^9}{32 \times 1.02} = 8.41 \times 10^3 N \cdot m / rad$$

6) 固有频率计算

$$\text{丝杠质量 } m_s = \frac{1}{4} \pi d^2 L_s \rho = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 0032^2 \times 1.4 \times 7.8 \times 10^3 = 8.78 \text{ kg}$$

丝杠——工作台纵振系统最低固有频率为：

$$\omega_{nc} = \sqrt{\frac{K_{0\min}}{m + \frac{1}{3}m_s}} = \sqrt{\frac{3.225 \times 10^8}{80 + \frac{1}{3} \times 8.78}} = 1972 \text{ rad/s} > 300 \text{ rad/s}$$

折算到丝杠轴上系统的总当量转动惯量为：

$$J_{sd} = J \cdot i^2 = 2.66 \times 10^{-3} \times 1.25^2 = 4.16 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

系统最低扭转固有频率为：

$$\omega_{nt} = \sqrt{\frac{K_{T\min}}{J_{sd}}} = \sqrt{\frac{8.41 \times 10^3}{4.16 \times 10^{-3}}} = 1.42 \times 10^3 \text{ rad/s} > 300 \text{ rad/s}$$

说明动态特性较好。

7) 死区误差计算

$$\Delta_{\max} = 2\delta_{\mu} = \frac{2mg\mu}{K_{0\min}} \times 10^3 = \frac{2 \times 80 \times 9.8 \times 0.15}{3.225 \times 10^8} \times 10^3 = 7.3 \times 10^{-4} \text{ mm} < \delta_p = 0.01 \text{ mm}$$

所以可满足单脉冲进给要求。

8) 由系统刚度变化引起的定位误差计算

$$\delta_{K\max} = F_{\mu} \left(\frac{1}{K_{0\min}} - \frac{1}{K_{0\max}} \right) \times 10^3 = 80 \times 9.8 \times 0.15 \times \left(\frac{1}{3.225} - \frac{1}{3.247} \right) \times 10^3 = 2.79 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

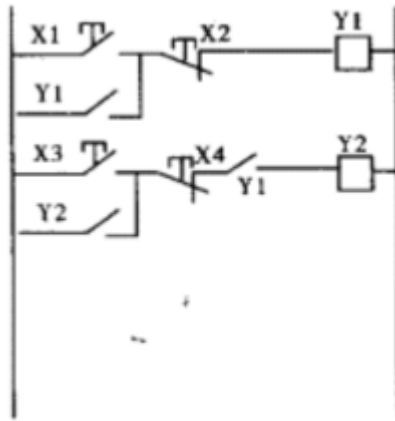
定位精度 $\pm 0.015 \text{ mm}$ ，所以 $\delta = 0.030 \text{ mm}$

$$\delta_{K\max} < \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5} \right) \delta$$

所以系统刚度满足定位要求。

23.

(1) 梯形图：



(2)助记符指令程序:

STR X1

OR Y1

AND NOT X2

OUT Y1

STR X3

OR Y2

AND NOT X4

AND Y1

OUT Y2

```

ORG      0000H
AJMP     MAIN      ;上电自动转向主程序
ORG      0003H      ;外部中断0入口地址
AJMP     WINT      ;指向中断服务子程序
ORG      0100H      ;主程序
MAIN:    SETB      IT0      ;选择边沿触发方式
         SETB      EX0      ;允许外部中断0
         SETB      EA      ;CPU允许中断
HERE:    AJMP      HERE     ;主程序踏步

    以下是中断服务子程序:
ORG      0200H
WINT:    MOV       A, #0FFH
         MOV       P1, A      ;设输入态
         MOV       A, P1      ;取开关数
         RR        A          ;P1.0送P1.7
         MOV       P1, A      ;输出驱动灯泡发光
         RETI        ;中断返回
END

```

24.

25.

MAIN: MOV R0, #7CH ; 选择 AD574,

并令

A0=0

MOVX @R0, A ; 启动 A/D 转换, 全 12 位

LOOP: NOP

JB P3.2, LOOP ; 查询转换是否结束

MOVX A, @R0 ; 读取高 8 位

MOV R2, A ; 存入 R2 中

MOV R0, #7DH ; 令 A0=1

MOVX A, @R0 ; 读取低 4 位, 尾随 4 个 0

MOV R3, A ; 存入 R3 中

??

26. 0000H~1FFFH 由于 EA 接地故 PC 指针由外部 0000H 开始执行, 74LS373 为地址锁存器用于锁存来自 P0 口的 EPROM 的地址的低 8 位, P2 口提供 EPROM 的地址的高 5 位, P0 口分时用作数据传输口。

27. RAM6264 的地址范围为 0000H~1FFFH P0 口与 6264 的 I/O 数据线相连, 另一方面经 74LS373 与 6264 的低 8 位地址线连; P2.0~P2.4 与 6264 的高 5 相连; 6264 的写使端与单片机的 WR 相连; 输出使能端与单片机的 RD 相连; CS 片选信号端直接接地。

28. ROM27256 的地址范围为 0000H~7FFFH P0 口与 27256 的 I/O 数据线相连, 另一方面经 8282 与 27256 的低 8 位地址线连; 用于扩展 32KB 的片外 ROM; P2.0~P2.6 与 27256 的 7 相连; 6264 的写使端与单片机的 WR 相连; 输出使能端 OE 与单片机的 PSEN 相连; CE 片选信号端与 P2.7 相连。