

第 1 章习题答案

1.1 计算机控制系统的组成有哪些？

计算机控制系统主要由硬件系统和软件系统组成。

硬件系统：主机、通用 I/O 设备、过程 I/O 设备、被控对象

软件系统：系统软件、应用软件

1.2 计算机控制系统的主要特点有哪些？

(1) 可以实现模拟仪表的功能，便于监视和操作。并且通过分时工作可以同时控制多个回路，可以同时实现直接数字控制、监督控制、顺序控制等多种控制功能。

(2) 可以实现模拟控制难以完成的各种先进复杂的控制算法，还可实现复杂被控对象的有效控制。

(3) 系统调试、参数整定灵活方便。

(4) 实现工业生产与经营的管理、控制一体化，大大提高企业的综合自动化水平。

(5) 利用控制网络技术可将所有的现场设备与控制器用一根电缆连接在一起，构成彻底分散的网络化控制系统，实现现场状态监测、控制、远程传输等功能。

(6) 实现复杂系统的智能监控在发生异常情况下，及时做出判断，采取适当措施，并分析出故障原因，给出准确指导，缩短系统维修和排除故障时间，提高系统运行的安全性和工作效率。

1.3 计算机控制系统按功能及结构划分可以分为哪几类？每类计算机控制系统的优缺点如何？

(1) 直接数字控制系统（DDC 系统）

DDC 系统的优点是灵活性大、可靠性高和价格便宜，能用数字运算形式对若干个回路，甚至数十个回路进行控制，而且只要改变控制算法和应用程序便可实现较复杂的控制。

(2) 计算机监督控制系统（SCC 系统）

SCC 系统的优点是可根据被控对象的工况和已定的数学模型，进行优化分析计算，产生最优化设定值，送给直接数字控制系统执行。

(3) 集散控制系统（DCS 系统）

DCS 系统的优点是适合于大系统或复杂生产过程的控制，比较容易实现复杂的控制，系统采用积木式结构，组态灵活，易于扩展；通过采用 CRT 显示技术和智能操作，操作、监视十分方便；

DCS 系统的缺点是不同的 DCS 厂家为达到垄断经营的目的，而对其控制通信网络采用各自专用的封闭形式，不同厂家的 DCS 之间，以及 DCS 与上层信息网络之间难以实现网络互连和信息共享，集散控制系统从该角度而言实质上是一种封闭专用的、不具可互操作性的分布式控制系统。并且，DCS 没有做到彻底的分散性。

(4) 现场总线控制系统（FCS 系统）

FCS 系统的优点是现场总线是用于现场仪表与控制室系统之间的一种开放、全数字化、双向、多站的通信系统，因此现场总线控制系统具有良好的开放性、互操作性与互用性。

FCS 系统的缺点是现场总线标准和产品的多样性，无法发挥 FCS 的互操作性

的优势。

(5) 工业以太网控制系统

工业以太网控制系统优点如下：

开放性：采用公开的标准和协议。

平台无关性：可以选择不同厂家、不同类型的设备和服务。

提供多种信息服务：提供 E-mail、WWW、FTP 等多种信息服务。

图形用户界面：统一、友好、规范化的图形界面，操作简单,易学易用。

信息传递：快速、准确。

易于实现多现场总线的集成：相互包容，多种现场总线集成起来协同完成测控任务。

易于实现多系统集成：主要体现在现场通信协议的相容、不同系统数据的交换以及组态、监控、操作界面的统一。

1.4 计算机控制系统中用的计算机在结构和技术性能要求方面和一般办公用计算机有何不同？

(1) 稳定性和可靠性：

计算机控制系统通常需要更高的稳定性和可靠性，因为其运行环境可能更苛刻。它们通常需要更高的质量标准和更强的抗干扰能力，以确保在恶劣条件下也能正常运行。

(2) 实时性能：

计算机控制系统通常需要具备更好的实时性能，对于控制指令的响应速度和精确性要求更高。它们通常需要更低的延迟和更高的运算速度来应对需要实时处理的控制任务。

(3) 工作温度范围：

控制系统计算机可能需要适应更广泛的工作环境，因此在工作温度、湿度等方面的要求可能更高。比如，一些控制系统需要在极端温度条件下工作，这就需要相应的计算机系统支持。

(4) 特定接口支持：

控制系统计算机可能需要特定的接口，用于连接传感器、执行机构和其他控制设备。这可能需要额外的硬件支持，以满足特定的数据交换和控制要求。

(5) 软件支持：

控制系统计算机通常需要支持特定的实时操作系统、控制算法和相关软件，以保证系统的功能和稳定性。

总的来说，计算机控制系统所使用的计算机通常需要具备更高的稳定性、实时性能、适应环境能力和特定接口支持，以满足其在工业控制领域的特殊需求。

1.5 简述控制网络和现场总线的概念。

控制网络是一种数字化的串行双向通信系统。这一技术可将所有的现场设备(如传感器、执行机构、驱动器等)与控制器用一根电缆连接在一起，形成现场设备级和车间级的数字化通信控制网络，可完成现场状态监测、控制、远程传输等功能。

现场总线是指将现场设备(如数字传感器、变送器、仪表与执行机构等)与工业控制单元、现场操作站等互连而成的通信网络，它的关键标志是能支持双向、分散、多节点、总线式的全数字通，是工业控制网络向现场级发展的产物，是控制网络技术典型代表。

1.6 控制网络与信息网络有什么区别，各适用于何种场合？

控制网络用于连接和管理自动化系统中的控制设备、传感器和执行机构，旨在实现对工业设备的实时监控、数据采集和远程控制。对于控制网络来说，实时性很重要，需要确保传感器数据的快速传输和及时的控制指令。此外，稳定性、可靠性和安全性也是控制网络的主要考量因素。

适用场合：控制网络适用于工业自动化、制造业、交通运输系统、能源系统以及需要实时监控和控制的各种工程控制场景。

信息网络主要用于数据交换、通信和资源共享，使得用户可以在网络上进行信息的传输、存储、处理和检索。对于信息网络而言，通常更注重通信速度、数据安全、信息共享以及可拓展性。此外，信息网络通常需要支持各种各样的应用和服务。

适用场合：信息网络适用于互联网、局域网、广域网等各种通信场景，包括企业内部通信、远程办公、互联网应用，以及各种数据交换和共享的应用。

综上所述，控制网络主要用于工业自动化和实时控制领域，强调实时性和稳定性；而信息网络更侧重于通信和信息共享，用于各种数据交换、通信和资源共享的应用场合。

1.7 工业以太网能够进军自动化领域的主要原因有哪些？

工业以太网的控制系统不仅具有现场总线控制系统的特点，还具有其他网络无法比拟的优势，主要体现在以下几个方面。

- (1) 开放性：采用公开的标准和协议。
- (2) 平台无关性：可以选择不同厂家、不同类型的设备和服务。
- (3) 提供多种信息服务：提供 E-mail、WWW、FTP 等多种信息服务。
- (4) 图形用户界面：统一、友好、规范化的图形界面，操作简单,易学易用。
- (5) 信息传递：快速、准确。
- (6) 易于实现多现场总线的集成：相互包容，多种现场总线集成起来协同完成测控任务。
- (7) 易于实现多系统集成：主要体现在现场通信协议的相容、不同系统数据的交换以及组态、 监控、 操作界面的统一。

1.8 如何理解网络控制系统的定义？

网络化控制系统（Networked Control System, NCS）是指控制回路各器件间通过通信网络交换信息的控制系统，其主要特征是控制系统的命令及回授是在网络中以封包的方式传送的。

1.9 归纳网络控制系统的特点和优点，指出采用网络控制系统可能存在的问题。

网络控制系统特点和优点：

远程控制：网络控制系统利用网络连接远程设备，使得操作人员可以远程实时监控和控制系统设备，增加了灵活性和便利性。

数据共享：网络控制系统可以实现数据共享，允许不同位置的用户共享实时数据和系统资源，以便更好地监控和管理系统。

集成性：网络控制系统能够集成各种不同品牌和类型的设备，通过一致的网络标准进行连接和通信，提高了设备和系统间的互操作性。

实时性：一些网络控制系统能够提供高速、实时的数据传输和控制指令传送，以满足对实时性能的需求。

可能存在的问题：

安全性：网络连接使得系统更容易受到网络攻击和数据泄露的威胁，因此网络控制系统需要更强的安全性保护。

稳定性：受网络传输的影响，部分网络控制系统可能受到网络延迟和不稳定性的影响，尤其是对实时要求较高的控制系统。

网络故障：网络控制系统容易受到网络故障，如断网、带宽不足等的影响，降低了系统的稳定性和可靠性。

综上所述，网络控制系统具有远程控制、数据共享、集成性和实时性等优点，但也面临着安全性、稳定性和网络故障等方面的挑战。在使用网络控制系统时，需要综合考虑其优点和问题，并采取相应的措施以保证系统的正常运行和安全性。

1.10 计算机控制系统的发展趋势表现在哪几个方面？

- (1) 网络化控制
- (2) 智能型控制
- (3) 综合型控制

第 2 章习题答案

2.1 简述模拟量输入通道各组成部分的作用。

(1) 信号调理电路：把传感器输出的信号或变送器输出的信号中，较小的电压信号经过模拟量输入通道中的放大器放大后，变换成标准电压信号，再经滤波后才能送入 A/D 转换器。而对于电流信号应该通过 I/V 变换电路，将电流信号转换成标准电压信号，再经滤波后送入 A/D 转换器；

(2) 多路开关：用来切换模拟电压信号的关键元件；

(3) 前置放大器：将模拟小信号放大到 A/D 转换器的量程范围内；

(4) A/D 转换器：把模拟量转换为数字量。

2.2 A/D 转换器的功能是什么？可以分为哪几类？每一类各有什么特点？

A/D 转换器是用于将连续变化的模拟信号转换为数字信号的装置，简称 ADC，是模拟系统与计算机之间的接口部件。A/D 转换器主要分为三类：

(1) 计数型 A/D 转换器，速度慢、价格低，适用于慢速系统；

(2) 双积分型 A/D 转换器，分辨率高、抗干扰性好、转换速度慢，适用于中速系统；

(3) 逐位反馈型 A/D 转换器，转换精度高、速度快、抗干扰性差。

2.3 D/A 转换器的功能是什么？由哪几部分组成？其转换方式有哪几类，各有什么特点？

数模转换器，又称 D/A 转换器，简称 DAC，其主要功能是将数字量转换为模拟量。D/A 转换器主要由基准电压、模拟开关、电阻网络、运算放大器构成，其转换方式有并行和串行两种，并行转换是把所要转换的二进制数字信号同时发送到输入端，其特点是转换速度快，串行转换速度则较慢，适用于远距离信号传输。

2.4 什么是香农采样定理？采样周期选取的一般原则是什么？

如果连续信号 $x(t)$ 具有有限频谱，其最高频率为 ω_{\max} ，则对 $x(t)$ 进行周期采样且采样角频率 $\omega_s \geq 2\omega_{\max}$ 时，连续信号 $x(t)$ 可以由采样信号 $x^*(t)$ 唯一确定，亦即可以从 $x^*(t)$ 不失真地恢复 $x(t)$ 。一般来说，采样周期的选取应与 PID 参数的整定综合起来考虑，通常应考虑以下因素：①对象的动态特性影响；②扰动信号影响；③控制品质的要求；④控制算法的要求；⑤计算机及 A/D、D/A 转换器性能的影响；⑥执行机构的响应速度的影响；⑦控制回路多少的影响。

2.5 求出下列时间函数离散后的拉普拉斯变换 $F^*(s)$ ：

(1) $f(t) = 2t$

(2) $f(t) = e^{-2t}$

(3) $f(t) = e^{-\alpha(t-3T)}1(t-T)$

(4) $f(t) = e^{-\alpha(t-T/2)}[1(t) - 1(t-T/2)]$

解：

(1)

$$\begin{aligned}
F^*(s) &= L[f^*(t)] = \sum_{k=0}^{+\infty} f(kT)e^{-kTs} = \sum_{k=0}^{+\infty} 2kTe^{-kTs} = 2T \sum_{k=0}^{+\infty} ke^{-kTs} \\
&= 2T(0 + e^{-Ts} + 2e^{-2Ts} + 3e^{-3Ts} + \dots) \\
&= 2T \left(\sum_{k=1}^{+\infty} e^{-kTs} + \sum_{k=2}^{+\infty} e^{-kTs} + \sum_{k=3}^{+\infty} e^{-kTs} + \dots \right) \\
&= 2T \left(\frac{e^{-Ts}}{1 - e^{-Ts}} + \frac{e^{-2Ts}}{1 - e^{-Ts}} + \frac{e^{-3Ts}}{1 - e^{-Ts}} + \dots \right) \\
&= 2T \cdot \frac{1}{1 - e^{-Ts}} \cdot \frac{e^{-Ts}}{1 - e^{-Ts}} = \frac{2Te^{-Ts}}{(1 - e^{-Ts})^2}
\end{aligned}$$

$$(2) \quad F^*(s) = L[f^*(t)] = \sum_{k=0}^{+\infty} f(kT)e^{-kTs} = \sum_{k=0}^{+\infty} e^{-(2+s)kT} = \frac{1}{1 - e^{-(2+s)T}}$$

(3)

$$\begin{aligned}
F^*(s) &= L[f^*(t)] = \sum_{k=0}^{+\infty} f(kT)e^{-kTs} \\
&= \sum_{k=0}^{+\infty} e^{-\alpha(kT-3T)} 1(kT-T)e^{-kTs} \\
&= \sum_{k=0}^{+\infty} e^{3\alpha T} \cdot e^{-k(\alpha+s)T} 1(kT-T) \\
&= e^{3\alpha T} \cdot \sum_{k=0}^{+\infty} e^{-k(\alpha+s)T} \\
&= e^{3\alpha T} \cdot \frac{e^{-(\alpha+s)T}}{1 - e^{-(\alpha+s)T}} \\
&= \frac{e^{(2\alpha-s)T}}{1 - e^{-(\alpha+s)T}}
\end{aligned}$$

(4)

$$\begin{aligned}
F^*(s) &= L[f^*(t)] = \sum_{k=0}^{+\infty} f(kT)e^{-kTs} \\
&= \sum_{k=0}^{+\infty} e^{-\alpha(kT-T/2)} [1(kT) - 1(kT-T/2)] e^{-kTs} \\
&= \sum_{k=0}^{+\infty} e^{\alpha T/2} \cdot e^{-k(\alpha+s)T} [1(kT) - 1(kT-T/2)] \\
&= e^{\alpha T/2} \cdot \left[\sum_{k=0}^{+\infty} e^{-k(\alpha+s)T} \cdot 1(kT) - \sum_{k=0}^{+\infty} e^{-k(\alpha+s)T} \cdot 1(kT-T/2) \right] \\
&= e^{\alpha T/2} \cdot \left[\frac{1}{1 - e^{-(\alpha+s)T}} - \left(0 + \frac{e^{-(\alpha+s)T}}{1 - e^{-(\alpha+s)T}} \right) \right] \\
&= e^{\alpha T/2}
\end{aligned}$$

2.6 对于信号函数 $f(t)$ ，其中包含有用信号 $f_s(t)$ 及噪声 $n(t)$ ，其信号频谱为 $F(j\omega) = F_s(j\omega) + N(j\omega)$ ，如图 2-14 所示。为了去除噪声对控制系统影响，请设计一滤波器提取信号 $f_s(t)$ 。

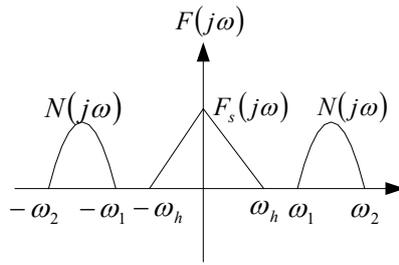
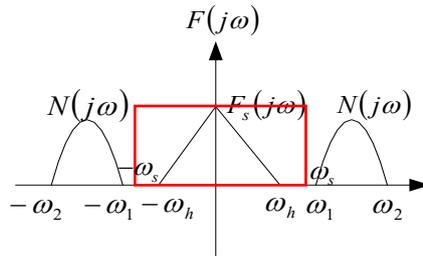


图2-14 信号频谱图

在频域里设计一个低通滤波器 $X(j\omega)$ 把噪声 $N(j\omega)$ 滤掉，如下图所示，滤波器频率为 ω_s ($\omega_h < \omega_s < \omega_1$)，即可去除噪声对控制系统影响。



滤波器频谱：
$$X(j\omega) = \begin{cases} 1, & |\omega| < \omega_s \\ 0, & |\omega| > \omega_s \end{cases}$$

对 $X(j\omega)$ 进行傅里叶反变换：
$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_s}^{\omega_s} e^{j\omega t} d\omega = \frac{\sin \omega_s t}{\pi t} = \frac{\omega_s}{\pi} Sa(\omega_s t)$$

2.7 试推导零阶保持器的传递函数，说明为什么闭环控制系统一般均采用零阶保持器而不用信号恢复效果更好的高阶保持器。

零阶保持器的传递函数为：
$$G_0(s) = \frac{1 - e^{-Ts}}{s}$$
，其具体推导过程详见式(2-21)-式(2-29)。

随着保持器的阶数增加，信号恢复的效果越好，但带来的问题是实现复杂、相移增大，所以计算机控制系统中很少采用高阶保持器。高阶保持器主要用于没有闭环控制要求的通讯信号处理等领域。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/096014010153010043>