

浙江工业大学 2019/2020 学年

第 二 学期试卷

课程 《计算机控制技术》 姓名 _____

专业 _____ 班级 _____ 学号 _____

题序	一	二	三	四	五	六	七		总分
得分									

注意：本试卷共有七题，总分 100 分，答题时间 120 分钟。请将答案写在答题纸上。

一、填空题（20 分）

- I/O 接口控制方式有： 程序控制 ， 中断控制 和 DMA 方式 。(3 分)
- 电磁干扰的传播途径有： 传导传播 ， 辐射传播 。(3 分)
- I/O 接口设计重点要解决的问题有 确定 I/O 控制方式 、 端口选择 和 端口负载能力 。(5 分)
- 逐次逼近 A/D 转换器主要包含 逐次逼近寄存器 、 D/A 转换器 、(3 分)
比较器 、 置数选择逻辑电路 (2 分)
- 模型算法控制 MAC 包括以下四部分： 预测模型 ， 参考轨迹 ， 反馈校正 ，
滚动优化 。(4 分)

二、简答题（4 小题，每题 5 分）

- 模拟量输入通道在什么情况下要加采样保持器？

答：当被采样的模拟 **信号变化频率比较高**，为消除因 A/D 转换器的转换时间带来的孔径误差， **保证转换精度**，就要在 A/D 转换之前加上采样保持电路，使得在 A/D **转换期间保持输入模拟信号不变**。同样的，当多路模拟量同时刻同步采样时，需加采样保持电路。

- 为什么 RS485 比 RS232 串行通信接口传输距离、传输速率大很多？

答：因为 RS-485 与 RS-232 不一样，数据信号采用 **差分传输方式**，也称作 **平衡传输**，它使用 **一对双绞线**，从而极大地提高了传输距离、传输速率大。

3. D/A 转换器双缓冲器作用的? DAC0832 与 DAC1210 双缓冲结构有什么不同?

答: (1) D/A 转换器双缓冲器作用:

① 在输出模拟信号的同时可以采集下一个数字, 先存入输入寄存器而不影响此时的模拟电压输出, 可以有效地提高转换速度。

② 有了输入、D/A 两级锁存器后, 当多个 D/A 转换器要求同步输出时, 就可以先将各个待转换数字一一对应地存入各个输入锁存器中, 然后向各个转换器同时发出第二级 D/A 锁存信号而达到同步输出的目的。

(2) DAC0832 是两级 8 位锁存器双缓冲结构, 对应 8 位计算机; DAC1210 是前级 8、4 位锁存器, 后级 12 位锁存器双缓冲结构, 兼容 8 位、16 位计算机。

4. 简述 DDC、DCS、NCS 控制系统。

答: (1) 直接数字控制 DDC(Direct Digital Control)系统是计算机用于工业控制中最普遍和最基本的一种方式。DDC 系统中计算机通过输入通道对被控对象或者生产过程的物理量进行巡回检测, 将检测到的参数与设定值比较, 并根据规定的控制规律进行运算, 然后发出控制信号, 通过输出通道直接控制调节阀等执行机构, 实现多回路的闭环控制。

(2) 集散控制系统 (DCS, Distributed Control System) 也称分布式控制系统, 采用分散控制和集中管理的控制理念与网络化的控制结构。DCS 是一个由过程控制级和过程监控级组成的以通信网络为纽带的多级计算机系统, 其基本思想是分散控制、集中操作、分级管理、配置灵活、组态方便。

(3) 网络化控制系统 (Networked Control System, NCS) 通常的定义是通过一个实时网络构成闭环的控制系统, 具体而言是指在某个区域内一些现场检测、控制及操作设备和通信线路的集合, 用以提供设备之间的数据传输, 使该区域内不同地点的用户实现资源共享和协调操作。

三、(10 分) 已知 PD 控制器模拟传递函数为 $D(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{1+0.25s}{1+0.125s}$, 试写出其数字控制器的位置型和增量型控制算法 $u(k)$ 表达式, 设采样周期 $T = 0.2s$ 。

解:

$$\text{PD 控制器} \quad D(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{1+0.25s}{1+0.125s} = 2 + \frac{0.25s}{1+0.125s} \quad \text{比例+不完全微分}$$

$$\text{记} \quad U_D(s) = \frac{0.25s}{1+0.125s} E(s), \quad \text{则} \quad (1+0.125s)U_D(s) = 0.25sE(s)$$

$$u_D(k) + 0.125 \frac{u_D(k) - u_D(k-1)}{T} = 0.25 \frac{e(k) - e(k-1)}{T}, \quad T=0.2s$$

$$0.2u_D(k) + 0.125[u_D(k) - u_D(k-1)] = 0.25[e(k) - e(k-1)]$$

$$u_D(k) = \frac{0.125}{0.325} u_D(k-1) + \frac{0.25}{0.325} [e(k) - e(k-1)] = \frac{5}{13} u_D(k-1) + \frac{10}{13} [e(k) - e(k-1)]$$

PD 控制器位置型控制算法:

$$u(k) = 2e(k) + u_D(k) = 2e(k) + \frac{5}{13} u_D(k-1) + \frac{10}{13} [e(k) - e(k-1)]$$

增量型控制算法: $\Delta u(k) = 2[e(k) - e(k-1)] + \Delta u_D(k), \quad \Delta u_D(k) = u_D(k) - u_D(k-1)$

(1) 数字控制器的位置型: $D(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{2+0.5s}{1+0.125s}$, $(1+0.125s)U(s) = (2+0.5s)E(s)$

$$u(t) + 0.125\dot{u}(t) = 2e(t) + 0.5\dot{e}(t)$$

$$u(k) + 0.125\frac{u(k) - u(k-1)}{T} = 2e(k) + 0.5\frac{e(k) - e(k-1)}{T}$$

$$u(k) = 0.385u(k-1) + 2.769e(k) - 1.538e(k-1) \dots\dots\dots \text{位置型}$$

(2) 数字控制器的增量型:

由位置型 $u(k-1) = 0.385u(k-2) + 2.769e(k-1) - 1.538e(k-2)$

$$u(k) - u(k-1) = 0.385[u(k-1) - u(k-2)] + 2.769e(k) - 4.307e(k-1) + 1.538e(k-2)$$

令 $\square u(k) = u(k) - u(k-1)$, 则 $\square u(k-1) = u(k-1) - u(k-2)$

$$\square u(k) = 0.385\square u(k-1) + 2.769e(k) - 4.307e(k-1) + 1.538e(k-2) \dots\dots\dots \text{增量型}$$

四、(10分) 已知某系统数字控制器为 $D(z) = \frac{2 - 0.2z^{-1} - 0.04z^{-2}}{1 + 0.3z^{-1} - 0.04z^{-2}}$

(1) 试用直接程序设计法实现之, 希望控制量计算时延尽可能小, 写出 $u(k)$ 表达式;

(2) 试用串联程序法实现之, 写出 $u(k)$ 表达式, 画出结构图。

解: (1) 直接程序设计法: $D(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{2 - 0.2z^{-1} - 0.04z^{-2}}{1 + 0.3z^{-1} - 0.04z^{-2}}$

$$(1 + 0.3z^{-1} - 0.04z^{-2})U(z) = (2 - 0.2z^{-1} - 0.04z^{-2})E(z)$$

$$u(k) = 2e(k) - 0.3u(k-1) - 0.2e(k-1) + 0.04u(k-2) - 0.04e(k-2) = 2e(k) + d$$

其中 $d = -0.3u(k-1) - 0.2e(k-1) + 0.04u(k-2) - 0.04e(k-2)$, 提前计算, 以减少计算时延;

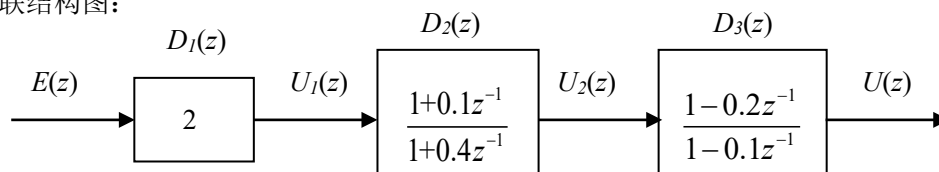
(2) 串联程序设计法: $D(z) = \frac{2 - 0.2z^{-1} - 0.04z^{-2}}{1 + 0.3z^{-1} - 0.04z^{-2}} = \frac{2(1+0.1z^{-1})(1-0.2z^{-1})}{(1+0.4z^{-1})(1-0.1z^{-1})}$

设 $D(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{U_1(z)}{E(z)} \frac{U_2(z)}{U_1(z)} \frac{U(z)}{U_2(z)} = D_1(z)D_2(z)D_3(z)$, 其中

$$D_1(z) = \frac{U_1(z)}{E(z)} = 2, \quad D_2(z) = \frac{U_2(z)}{U_1(z)} = \frac{1+0.1z^{-1}}{1+0.4z^{-1}}, \quad D_3(z) = \frac{U(z)}{U_2(z)} = \frac{1-0.2z^{-1}}{1-0.1z^{-1}},$$

$$\begin{cases} u_1(k) = 2e(k) \\ u_2(k) = -0.4u_2(k-1) + u_1(k) + 0.1u_1(k-1) \\ u(k) = 0.1u(k-1) + u_2(k) - 0.2u_2(k-1) \end{cases}$$

串联结构图:



也可以

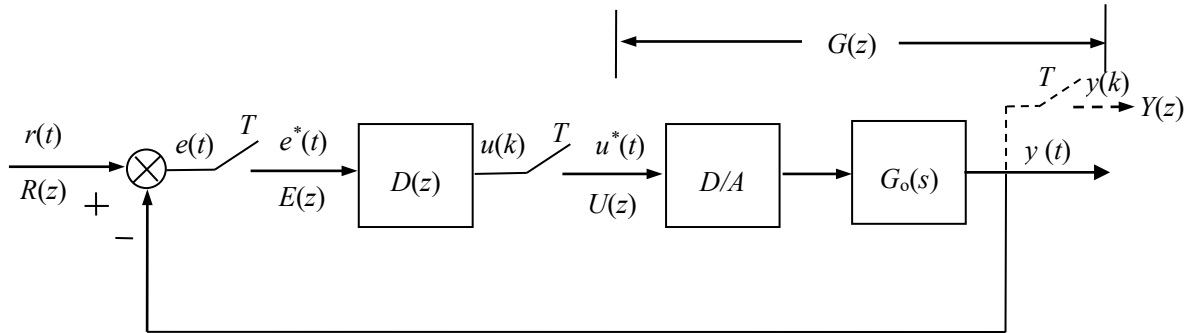
$$D(z) = \frac{2 - 0.2z^{-1} - 0.04z^{-2}}{1 + 0.3z^{-1} - 0.04z^{-2}} = 2 \times \frac{(1 - 0.2z^{-1})}{(1 + 0.4z^{-1})} \times \frac{(1 + 0.1z^{-1})}{(1 - 0.1z^{-1})} \quad \text{三个串联}$$

五、(10 分)如图所示计算机控制控制系统, 已知被控对象广义被控对象 $G(z) = \frac{1.2z^{-1}(1 + 0.75z^{-1})}{(1 - z^{-1})(1 - 0.125z^{-1})}$, 采

样周期为 $T=0.2s$ 。试求:

(1) 单位速度输入最少拍有纹波控制器。(5 分)

(2) 单位阶跃输入最少拍无纹波控制器。(5分)



解: (1) 单位速度输入最少拍有纹波控制器:

$$\text{由 } G(z) = \frac{1.2z^{-1}(1 + 0.75z^{-1})}{(1 - z^{-1})(1 - 0.125z^{-1})}, \quad R(z) = Z[t1(t)] = \frac{Tz^{-1}}{(1 - z^{-1})^2} = \frac{0.2z^{-1}}{(1 - z^{-1})^2}$$

$$\begin{cases} \Phi(z) = z^{-1}(m_1 + m_2z^{-1}) \\ \Phi_e(z) = (1 - z^{-1})^2 \\ \Phi(z) = 1 - \Phi_e(z) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_1 = 2 \\ m_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Phi(z) = 2z^{-1} - z^{-2} \\ \Phi_e(z) = (1 - z^{-1})^2 \end{cases}$$

$$D(z) = \frac{1}{G(z)} \frac{\Phi(z)}{\Phi_e(z)} = \frac{(1 - z^{-1})(1 - 0.125z^{-1})}{1.2z^{-1}(1 + 0.75z^{-1})} \frac{2z^{-1} - z^{-2}}{(1 - z^{-1})^2} = \frac{1.667(1 - 0.5z^{-1})(1 - 0.125z^{-1})}{(1 - z^{-1})(1 + 0.75z^{-1})}$$

$$\begin{aligned} U(z) &= \frac{C(z)}{G(z)} = \frac{\Phi(z)}{G(z)} R(z) = \frac{(1 - z^{-1})(1 - 0.125z^{-1})}{1.2z^{-1}(1 + 0.75z^{-1})} \frac{0.4z^{-1}(z^{-1} - 0.5z^{-2})}{(1 - z^{-1})^2} \\ &= \frac{0.333z^{-1}(1 - 0.625z^{-1} + 0.0625z^{-1})}{1 + 1.75z^{-1} - 0.75z^{-2}} = 1 - 2.375z^{-1} + 4.969z^{-2} - 10.477z^{-3} + \dots \end{aligned}$$

$u(0) = 1, u(1) = -2.375, u(2) = 4.969, u(3) = -10.477, \dots; u(k)$ 正负交替发散故有波纹。

(2) 单位阶跃输入最少拍无纹波控制器:

$$\text{由 } G(z) = \frac{1.2z^{-1}(1 + 0.75z^{-1})}{(1 - z^{-1})(1 - 0.125z^{-1})}, \quad R(z) = Z[1(t)] = \frac{1}{1 - z^{-1}}$$

$$\begin{cases} \Phi(z) = z^{-1}(1 + 0.75z^{-1})m_1 \\ \Phi_e(z) = (1 - z^{-1})(1 + f_1z^{-1}) \\ \Phi(z) = 1 - \Phi_e(z) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_1 = 0.571 \\ f_1 = 0.429 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Phi(z) = 0.571z^{-1}(1 + 0.75z^{-1}) \\ \Phi_e(z) = (1 - z^{-1})(1 + 0.429z^{-1}) \end{cases}$$

$$D(z) = \frac{1}{G(z)} \frac{\Phi(z)}{\Phi_e(z)} = \frac{(1-z^{-1})(1-0.125z^{-1})}{1.2z^{-1}(1+0.75z^{-1})} \frac{0.571z^{-1}(1+0.75z^{-1})}{(1-z^{-1})(1+0.429z^{-1})}$$

$$= \frac{0.476(1-0.125z^{-1})}{(1+0.429z^{-1})}$$

$$U(z) = \frac{C(z)}{G(z)} = \frac{\Phi(z)}{G(z)} R(z) = \frac{(1-z^{-1})(1-0.125z^{-1})}{1.2z^{-1}(1+0.75z^{-1})} \frac{0.571z^{-1}(1+0.75z^{-1})}{1-z^{-1}}$$

$$= 0.476(1-0.125z^{-1}) = 0.476 - 0.059z^{-1}$$

$u(0) = 0.476$, $u(1) = -0.059$, $u(2) = u(3) = \dots = 0$, $u(k)$ 第2拍以后为0故无波纹。

六、(10分) 已知某控制器传递函数 $D(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{4s+6}{s+2}$

试将其离散化, 写出控制算式 $u(k)$ 、控制器传递函数 $D(z) = \frac{U(z)}{E(z)}$, 采样周期为 $T=1s$ 。

(1) 用微分差分变换法;(5分)

(2) 用阶跃响应不变法。(5分)

解: (1) 差分变换法: $D(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{4s+6}{s+2}$, $\dot{u}(t) + 2u(t) = 4\dot{e}(t) + 6e(t)$

$$\frac{u(k) - u(k-1)}{T} + 2u(k) = 4 \frac{e(k) - e(k-1)}{T} + 6e(k),$$

$T=1s$ 则控制算式:

$$u(k) = \frac{1}{3}u(k-1) + \frac{10}{3}e(k) - \frac{4}{3}e(k-1) \quad 3 \text{ 分}$$

控制器传递函数 $D(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{10-4z^{-1}}{3-z^{-1}} \quad 2 \text{ 分}$

(2) 阶跃响应不变法: $D(z) = Z[H_0(s)D(s)]$

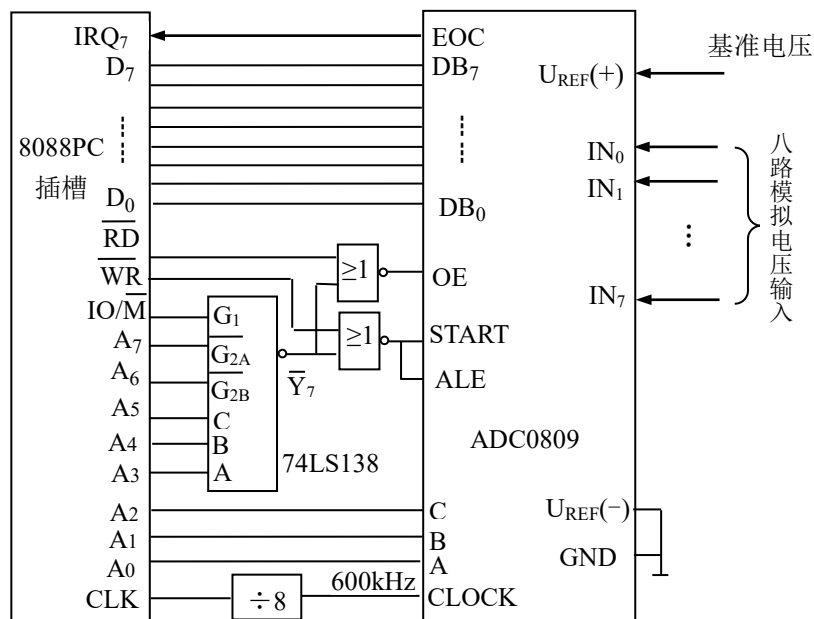
$$D(z) = Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s} \frac{4s+6}{s+2}\right] = (1-z^{-1})Z\left[\frac{3}{s} + \frac{1}{s+2}\right] = (1-z^{-1})\left(\frac{3}{1-z^{-1}} + \frac{1}{1-e^{-2T}z^{-1}}\right)$$

$T=1s$, 则控制器传递函数 $D(z) = 3 + \frac{1-z^{-1}}{1-e^{-2}z^{-1}} = \frac{4-1.405z^{-1}}{1-0.135z^{-1}} \quad 3 \text{ 分}$

控制算式 $u(k) = 0.1353u(k-1) + 4e(k) - 1.4059e(k-1) \quad 2 \text{ 分}$

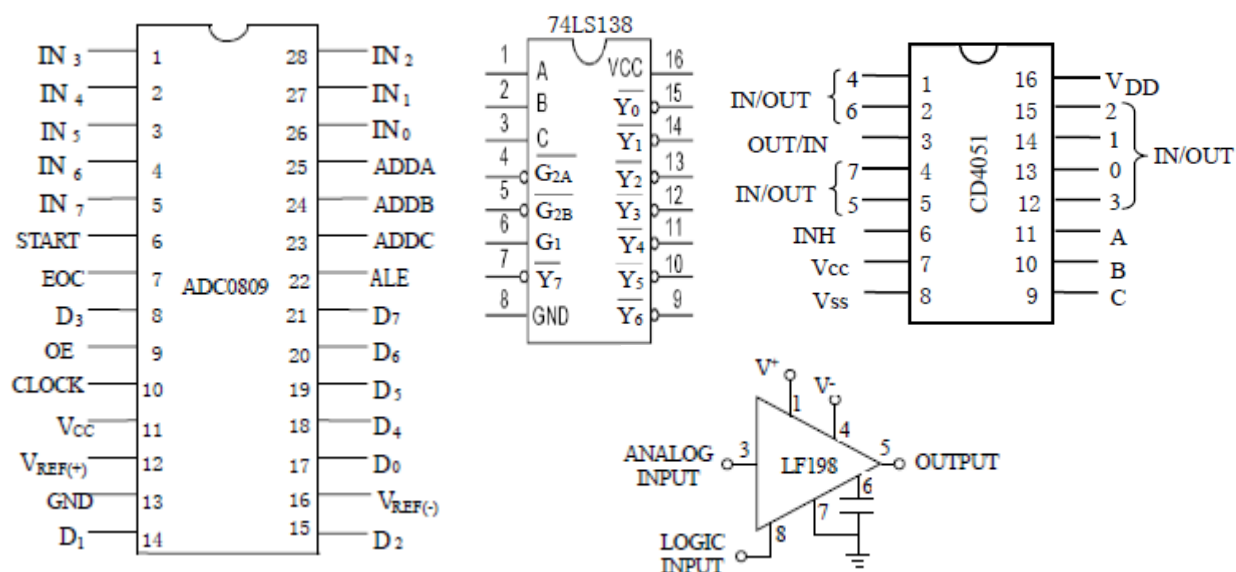
七（20 分）下图所示，是一个 8 路模拟量输入 A/D 转换设计，试：

- (1) 检查设计方案完整性？若不完整，请你修改。（2 分）
- (2) 写出 8 路模拟量输入选通地址；（5 分）
- (3) 以第 7 路模拟量(IN_7)A/D 转换为例，写出启动 A/D、读取 A/D 结果的计算机操作及指令；（5 分）
- (4) 如果控制要求，4 路模拟量需采样同时刻的幅值，给出 4 路模拟量输入电路设计，并指出计算机操作及指令。（8 分）



器件引脚图供参考：

注意，不是给出的都要用上的，可能还需要其他器件。



解： (1) 设计方案完整；若模拟信号加运放调离也可。

(2) 8 路模拟量输入 $IN_0 \sim IN_7$ 选通地址如下表所示对应为 38H-37H

名称	IO/ /M	A ₇ A ₆ A ₅ A ₄ A ₃			C B A A ₂ A ₁ A ₀	138 译码	/WR	/RD	操作	地址					
	1	0	0	0	0	0	×	×	×	/Y ₀				00H-07H	
				0	0	1	×	×	×	/Y ₁				08H-0FH	
				0	1	0	×	×	×	/Y ₂				10H-17H	
				0	1	1	×	×	×	/Y ₃				18H-1FH	
采样控制				1	0	0	×	×	×	/Y ₄	×	×	四路同步采样	20H-27H	
				1	0	1	×	×	×	/Y ₅				28H-2FH	
				1	1	0	×	×	×	/Y ₆				30H-37H	
A/D -IN ₀				1	1	1	1	0	0	0	/Y ₇				38H
A/D -IN ₁								0	0	1					39H
A/D -IN ₂								0	1	0					3AH
A/D -IN ₃								0	1	1					3BH
A/D -IN ₄								1	0	0					3CH
A/D -IN ₅								1	0	1					3DH
A/D -IN ₆								1	1	0					3EH
A/D -IN ₇								1	1	1		0	1	启动(IN ₇)A/D	3FH
							1	0	读取(IN ₇)A/D 结果						

(3) 以第 7 路模拟量(IN₇)A/D 转换为例计算机操作如上表所示

启动(IN₇)A/D指令： OUT 3FH, AL 写操作, WR有效、选址有效

读取(IN₇)A/D 结果指令： IN AL, 3FH 读操作, RD 有效、选址有效

(4) 4 路模拟量同时刻采样, 选通信号取 138 的/Y₄地址为 20H-27H, 其操作如上表所示

四路同步采样指令： OUT 20H, AL 写操作, WR有效、选址有效

或 IN AL, 20H 读操作, RD 有效、选址有效

四路模拟量输入同步采样的电路设计如下：

