计算机控制系统试卷一

班级：　　　　　　姓名：　　　　　　学号：　　　　　　成绩：

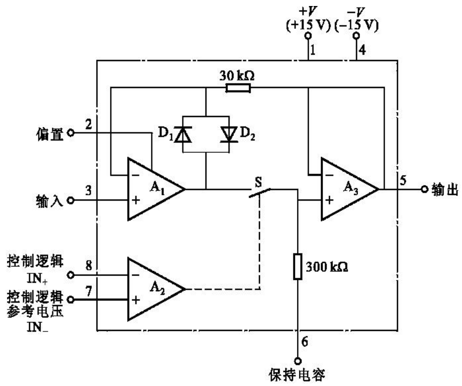
一、简答题（每小题 5 分，共 50 分）

1、画出典型计算机控制系统的基本框图。

2、根据采样过程的特点，可以将采样分为哪几种类型？

3、简述比例调节、积分调节和微分调节的作用。

4、采样保持器 LF398 工作原理图如下图，试分析其工作原理。



5、线性离散控制系统稳定的充要条件是什么？

6、为什么会出现比例和微分饱和现象？

7、什么是振铃现象？如何消除振铃现象？

8、什么是嵌入式系统？如何理解嵌入式系统的定义？

9、简述网络控制系统的特点。

10、简述故障诊断技术所包含的内容。

二、已知系统的差分方程为 （10 分）

$$y(k)+y(k-1)=r(k-2)$$

输入信号是

$$r(k)=\begin{cases}1 & k\ge 0\\ 0 & k<0\end{cases}$$

初始条件为 $y(0)=1$，试写出输出脉冲序列 $y(k)$。

三、设被控对象传递函数为$G_p(s)=\frac{K}{s(s+1)}$，在对象前接有零阶保持器，试求广义对象的脉冲传递函数。 （10 分）

$k=20$

$T_{s1}=8 \quad T_{s2}=0.1$

四、已知被控对象传递函数为

$G_c(s)=\frac{(T_i s+1)}{T_I s}$

$$G(s)=\frac{20}{(8s+1)(0.1s+1)}$$

$T_i=T_{s1}=8 \quad T_I=2kT_{s2}=4$

$G_c(s)=\frac{(8s+1)}{4s}$

试用“二阶工程最佳”设计法确定模拟控制器 $G_c(s)$，并用后向差分法给出等效的数字控制器形式。（10 分）

$D(z)=\frac{8s+1}{4s}\Big|_{s=\frac{1-z^{-1}}{T}}=\frac{(8+T)z-8}{4(z-1)}$

五、已知广义被控对象：$G(s)=\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s(s+1)}$， 给定 T=1s （20 分）

针对单位斜坡输入设计最小拍有纹波控制系统，并画出系统的输出波形图。

$G(z)=Z[\frac{1-e^{-Ts}}{s^2(s+1)}]=(1-z^{-1})Z[\frac{1}{s^2}-\frac{1}{s}+\frac{1}{s+1}]$

$=\frac{z-1}{z}[\frac{Tz}{(z-1)^2}-\frac{z}{z-1}+\frac{z-1}{z-e^{-T}}]$

答案

$=\frac{1}{z-1}-1+\frac{z-1}{z-e^{-1}}$

$=\frac{e^{-1}z+1-2e^{-1}}{(z-1)(z-e^{-1})}=\frac{0.368z^{-1}(1+0.718z^{-1})}{(1-z^{-1})(1-0.368z^{-1})}$

$\Phi(z)=z^{-1}(a_0+a_1z^{-1})$

$\begin{cases}\Phi(1)=1\\ \Phi'(1)=0\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}a_0=2\\ a_1=-1\end{cases}$

$\Phi(z)=z^{-1}(2-z^{-1})$

$\Phi_e(z)=1-\Phi(z)=(1-z^{-1})^2$

$D(z)=\frac{\Phi(z)}{\Phi_e(z)\cdot G(z)}=\frac{5.43(1-0.5z^{-1})(1-0.368z^{-1})}{(1-z^{-1})(1+0.718z^{-1})}$

$$Y(z)=R(z)\cdot\Phi(z)=\frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}\cdot z^{-1}(2-z^{-1})=\frac{2z^{-2}-z^{-3}}{1-2z^{-1}+z^{-2}}=2z^{-2}+3z^{-3}+4z^{-4}+\cdots$$

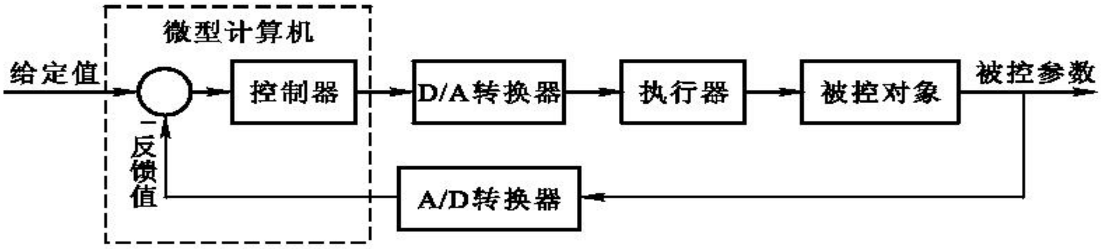
计算机控制系统试卷一答案

班级：　　　　姓名：　　　　学号：　　　　成绩：

一、简答题（每小题 5 分，共 50 分）

1、　画出典型计算机控制系统的基本框图。

答：典型计算机控制系统的基本框图如下：



2、　根据采样过程的特点，可以将采样分为哪几种类型？

答：根据采样过程的特点，可以将采样分为以下几种类型。

(1) 周期采样

指相邻两次采样的时间间隔相等，也称为普通采样。

(2) 同步采样

如果一个系统中有多个采样开关，它们的采样周期相同且同时进行采样，则称为同步采样。

(3) 非同步采样

如果一个系统中有多个采样开关，它们的采样周期相同但不同时开闭，则称为非同步采样。

(4) 多速采样

如果一个系统中有多个采样开关，每个采样开关都是周期采样的，但它们的采样周期不相同，则称多速采样。

(5) 随机采样

若相邻两次采样的时间间隔不相等，则称为随机采样。

3、　简述比例调节、积分调节和微分调节的作用。

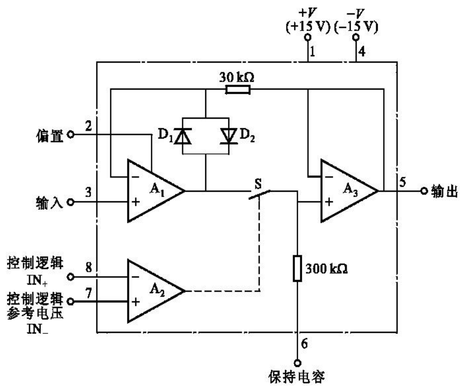
答：(1)比例调节器：比例调节器对偏差是即时反应的，偏差一旦出现，调节器立即产生控制作用，使输出量朝着减小偏差的方向变化，控制作用的强弱取决于比例系数 K_P。比例调节器虽然简单快速，但对于系统响应为有限值的控制对象存在静差。加大比例系数 K_P 可以减小静差，但是 K_P 过大时，会使系统的动态质量变坏，引起输出量振荡，

甚至导致闭环系统不稳定。

(2)积分调节器：为了消除在比例调节中的残余静差，可在比例调节的基础上加入积分调节。积分调节具有累积成分，只要偏差 e 不为零，它将通过累积作用影响控制量 u，从而减小偏差，直到偏差为零。积分时间常数 T_I 大，则积分作用弱，反之强。增大 T_I 将减慢消除静差的过程，但可减小超调，提高稳定性。引入积分调节的代价是降低系统的快速性。

(3)微分调节器：为加快控制过程，有必要在偏差出现或变化的瞬间，按偏差变化的趋向进行控制，使偏差消灭在萌芽状态，这就是微分调节的原理。微分作用的加入将有助于减小超调，克服振荡，使系统趋于稳定。

4、　采样保持器 LF398 工作原理图如下图，试分析其工作原理。



答：LF398 的电路原理：放大器 A_2 作为比较器来控制开关 K 的通断，若 IN_+的电压高于 IN_-的电压，则 K 闭合，由 A_1、A_3 组成跟随器，并向 C_H 端外接的保持电容充电；IN_+的电压低于 IN_-的电压时，则 K 断开，外接电容保持 K 断开时刻的电压，并经 A_3 组成的跟随器输出至 Aout。

5、　线性离散控制系统稳定的充要条件是什么？

答：线性离散控制系统稳定的充要条件是：　闭环系统特征方程的所有根的模｜z_i｜<1，即闭环脉冲传递函数的极点均位于 z 平面的单位圆内。

6、　为什么会出现比例和微分饱和现象？

答：当给定值发生很大跃变时，在 PID 增量控制算法中的比例部分和微分部分计算出的控制增量可能比较大(由于积分项的系数一般小得多，所以积分部分的增量相对比较小)。如果该计算值超过了执行元件所允许的最大限度，那么，控制作用必然不如应有的计算值理想，

其中计算值的多余信息没有执行就遗失了，从而影响控制效果。

7、　什么是振铃现象？如何消除振铃现象？

答：所谓振铃(Ringing)现象，是指数字控制器的输出以二分之一采样频率大幅度衰减的振荡。有两种方法可用来消除振铃现象。第一种方法是先找出 $D(z)$中引起振铃现象的因子(z=-1 附近的极点)，然后令其中的 z=1，根据终值定理，这样处理不影响输出量的稳态值。第二种方法是从保证闭环系统的特性出发，选择合适的采样周期 T 及系统闭环时间常数 T_c，使得数字控制器的输出避免产生强烈的振铃现象。

8、　什么是嵌入式系统？如何理解嵌入式系统的定义？

答：目前国内普遍被认同的嵌入式系统定义是：以应用为中心、以计算机技术为基础，软、硬件可裁剪，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。通常，从以下几个方面来理解嵌入式系统的定义：

(1) 以应用为中心是指嵌入式系统是面向用户、面向产品、面向应用的。

(2) 嵌入式系统以计算机技术为基础，是计算机技术、通信技术、半导体技术、微电子技术、语音图象数据传输技术，甚至传感器等先进技术和Internet网络技术与具体应用对象相结合后的产物。这一点就决定了它必然是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。

嵌入式系统可以根据实际系统的需要对软、硬件进行剪裁以适应实际系统在功能、可靠性、成本、体积、功耗等方面的要求。说明嵌入式系统存在着一个较为通用的软、硬件内核。这个内核往往是几 KB 到几十 KB 之间的微内核，正是由于微内核的存在，才使得嵌入式系统能够根据实际应用系统的需要在软、硬件方面得以顺利的裁剪或扩充。

9、　简述网络控制系统的特点。

答：网络控制系统通常具备下述特点

(1) 非定常性。数据到达的时刻不再是定常和有规则的, 更不能再用简单的采样时间来刻画。

(2) 非完整性。由于数据在传输中可能发生丢失和出错，数据不再是完整的，当然数字控制中也可能有类似的现象，但在网络控制中发生的可能性要大得多。

(3) 非有序性。由于网络传输时间的不确定，先产生的数据可能迟于后产生的数据到达远程控制系统。因此, 数据到达的次序可能不再遵守原有的时间顺序。

非确定性。由于数据到达的随机性，整个控制过程已不再是一个确定性的系统,而是一个随机系统。

10、 简述故障诊断技术所包含的内容。

答：故障诊断主要包括以下几个方面的内容。

(1) 故障的特征提取

通过测量用定量和定性的信息处理技术获取反映系统故障的特征描述。

(2) 故障的分离与估计

根据获得的故障特征确定系统是否出现故障以及故障的程度。

(3) 故障的评价和决策

根据故障分离与估计的结论对故障的危害及严重程度作出评价，近而决策出是否停止任务的进程以及是否需要维修更换故障元部件。

二、已知系统的差分方程为 （10 分）

$$y(k)+y(k-1)=r(k-2)$$

输入信号是

$$r(k)=\begin{cases}1 & k\geq 0\\ 0 & k<0\end{cases}$$

初始条件为$y(0)=1$，试写出输出脉冲序列$y(k)$。

解：$y(0)=1$

$y(1)=r(-1)-y(0)=-1$

$y(2)=r(0)-y(1)=2$

$y(3)=r(1)-y(2)=-1$

$y(4)=r(2)-y(3)=2$

$y(5)=r(3)-y(4)=-1$

…

三、设被控对象传递函数为$G_p(s)=\dfrac{K}{s(s+1)}$，在对象前接有零阶保持器，试求广义对象的脉冲传递函数。（10 分）

解：广义对象传递函数

$$G(s)=\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{K}{s(s+1)}$$

对应的脉冲传递函数为

$$\begin{aligned}G(z)&=Z\left[G(s)\right]=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{K}{s(s+1)}\right]\\&=K(1-z^{-1})Z\left[\frac{1}{s^2(s+1)}\right]=K(1-z^{-1})\left[\frac{Tz^{-1}}{(1-z^{-1})^2}-\frac{1}{1-z^{-1}}+\frac{1}{1-e^{-T}z^{-1}}\right]\\&=\frac{K(e^{-T}+T-1)z^{-1}\left[1-\dfrac{Te^{-T}+e^{-T}-1}{e^{-T}+T-1}z^{-1}\right]}{(1-z^{-1})(1-e^{-T}z^{-1})}\end{aligned}$$

四、已知被控对象传递函数为

$$G(s)=\frac{20}{(8s+1)(0.1s+1)}$$

试用“二阶工程最佳”设计法确定模拟控制器 $G_c(s)$，并用后向差分法给出等效的数字控制器形式。（10 分）

解：经动态校正后系统的开环传递函数为

$$\Phi_0(s)=G_c(s)G(s)=G_c(s)\frac{20}{(8s+1)(0.1s+1)}$$

应选择 $G_c(s)$为 PI 控制器，其基本形式为

$$G_c(s)=\frac{\tau s+1}{T_I s}$$

为使 PI 控制器能抵消被控对象中较大的时间常数，可选择

$$\tau=8$$

则有

$$\Phi_0(s)=G_c(s)G(s)=\frac{8s+1}{T_I s}\frac{20}{(8s+1)(0.1s+1)}=\frac{1}{\dfrac{T_I}{20}s(0.1s+1)}$$

根据二阶工程最佳设计法则，应有

$$\begin{cases} \dfrac{T_I}{20} = \sqrt{2T_2} \\ 0.1 = \dfrac{1}{2}\sqrt{2T_2} \end{cases}$$

解之得

$$T_I = 4$$

于是得到模拟控制器的传递函数为

$$G_c(s) = \frac{8s+1}{4s} = K_P(1+\frac{1}{K_I s}) = 2(1+\frac{1}{8s})$$

对以上的模拟 PI 控制器，根据后向差分近似的等效变换方法，得等效的数字控制器：

$$D(z) = G_c(s)\Big|_{s=\frac{1-z^{-1}}{T}} = 2\frac{(1+\frac{T}{8})z-1}{z-1}$$

五、已知广义被控对象: $G(s) = \dfrac{1-e^{-Ts}}{s}\dfrac{1}{s(s+1)}$， 给定 T=1s (20 分)

针对单位斜坡输入设计最小拍有纹波控制系统, 并画出系统的输出波形图。

解：由已知条件，被控对象含有一个积分环节，有能力产生单位斜坡响应。

求广义对象脉冲传递函数为

$$G(z) = Z[G(s)] = Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s(s+1)}\right]$$

$$= (1-z^{-1})Z\left[\frac{1}{s^2(s+1)}\right] = (1-z^{-1})\left[\frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2} - \frac{1}{1-z^{-1}} + \frac{1}{1-e^{-1}z^{-1}}\right]$$

$$= \frac{0.368z^{-1}(1+0.718z^{-1})}{(1-z^{-1})(1-0.368z^{-1})}$$

可以看出，G(z)的零点为-0.718(单位圆内)、极点为 1(单位圆上)、0.368(单位圆内)，故 u=0,v=0(单位圆上除外),m=1。根据稳定性要求，G(z)中 z=1 的极点应包含在 $\Phi_e(z)$的零点中，由于系统针对等速输入进行设计，故 p=2。为满足准确性条件另有 $\Phi_e(z)=(1-z^{-1})^2F_1(z)$,显然准确性条件中已满足了稳定性要求，于是可设

$$\Phi(z) = z^{-1}(c_0 + c_1 z^{-1})$$

$$\Phi(1)=c_0+c_1=1$$
$$\Phi'(1)=c+2c_1=0$$

解得　$c_0=2$，$c_1=-1$　。

闭环脉冲传递函数为

$$\Phi(z)=z^{-1}(2-z^{-1})=2z^{-1}-z^{-2}$$
$$\Phi_e(z)=1-\Phi(z)=(1-z^{-1})^2$$

则　$$D(z)=\frac{\Phi(z)}{\Phi_e(z)G(z)}=\frac{5.435(1-0.5z^{-1})(1-0.368z^{-1})}{(1-z^{-1})(1+0.718z^{-1})}$$

$Y(z)=R(z)\Phi(z)=\dfrac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}(2z^{-1}-z^{-2})=2z^{-2}+3z^{-3}+4z^{-4}+\cdots$　（图略）。

计算机控制系统试卷二

班级：　　　　　　姓名：　　　　　　学号：　　　　　　成绩：

一、　简答题（每小题 4 分，共 40 分）

1、与连续控制系统相比，计算机控制系统具有哪些特点？

2、简述计算机控制系统的一般控制过程。

3、简述典型的计算机控制系统中所包含的信号形式。

4、线性定常离散系统的稳态误差是否只与系统本身的结构和参数有关？

5、增量型 PID 控制算式具有哪些优点？

6、如何利用试凑法调整 PID 算法的参数？

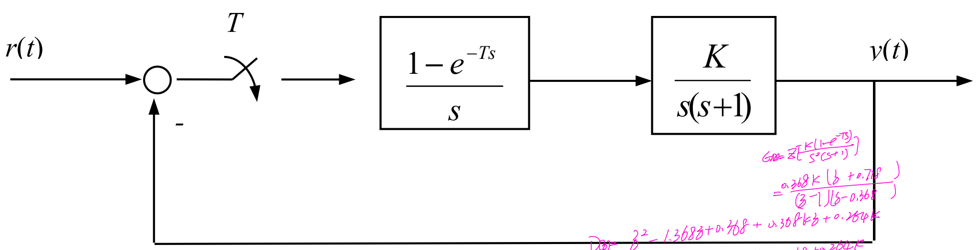
7、简述对偶原理的基本内容。

8、与应用了传统的通用计算机的数字产品相比，嵌入式系统有哪些特点？

9、尖峰干扰是一种频繁出现的叠加于电网正弦波上的高能随机脉冲，如何防治尖峰脉冲干扰？

10、　什么是硬件故障冗余系统？

二、已知系统框图如下所示：　　T=1s　　(15 分)



$G(z)=Z\left[\frac{K(1-e^{-Ts})}{s^2(s+1)}\right]$

$=\frac{0.368K(z+0.718)}{(z-1)(z-0.368)}$

$D(z)=z^2-1.368z+0.368+0.368Kz+0.264K$

$=z^2+(0.368K-1.368)z+0.368+0.264K$

$D(1)=1+0.368K-1.368+0.368+0.264K>0$　$K>0$

$D(-1)=1-0.368K+1.368+0.368+0.264K>0$　$K<20.3$

$0.368+0.264K<1$　$K<2.39$

试确定闭环系统稳定时 K 的取值范围。

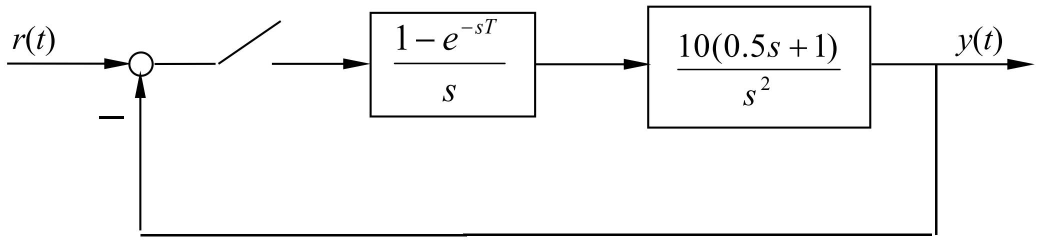
三、已知某连续控制器的传递函数为　　　　　　（10 分）

$$D(s)=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\omega_n\xi s+\omega_n^2}$$

试用双线性变换法求出相应的数字控制器的脉冲传递函数 $D(z)$，并给出控制器的差分形式。其中 $T=1s$ 。

四、已知离散控制系统的结构如下所示，采样周期 $T=0.2s$ ，输入信号 $r(t)=1+t+\frac{1}{2}t^2$，求该系统的稳态误差。 （10 分）

$e_{ss}=\lim_{z\to 1}(z-1)E(z)$ $R(z)$



五、已知广义被控对象为 （15 分）

$$G(s)=\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s+1}e^{-2s}$$

其中，T=1 s。期望的闭环脉冲传递函数中的时间常数取为 T_c=0.5s, 应用史密斯预估器方法确定数字控制器。

六、采用逐点比较法插补圆弧 OP，起点坐标 O(0，5)，终点坐标 P(5，0)，圆心在原点。要求以表格形式给出插补计算过程，并画出插补运动轨迹。（10 分）

答案

$$G(s)=\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{K}{s(s+1)}$$

对应的脉冲传递函数为

$$G(z)=Z[G(s)]=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{K}{s(s+1)}\right]$$

$$=K(1-z^{-1})Z\left[\frac{1}{s^2(s+1)}\right]=K(1-z^{-1})\left[\frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}-\frac{1}{1-z^{-1}}+\frac{1}{1-e^{-1}z^{-1}}\right]$$

$$=\frac{0.368Kz^{-1}(1+0.718z^{-1})}{(1-z^{-1})(1-0.368z^{-1})}=K\frac{0.368z+0.264}{z^2-1.368z+0.368}$$

此时系统的特征方程为

$$1+G(z)=1+\frac{K(0.368z+0.624)}{z^2-1.368z+0.368}\bigg|$$

采用双线性变换 $z=\frac{1+(T/2)w}{1-(T/2)w}=\frac{1+0.5w}{1-0.5w}$

可得等效的特征方程为

$$(1-0.0381K)w^2+(0.924-0.386K)w+0.924K=0$$

此时，劳斯表为

w^2	（1-0.0381K）	0.924K	→	K< 26.2
w^1	0.924-0.386K		→	K< 2.39
w^0	0.924K		→	K> 0

故 K 的变化范围为 0< $K<2.39$。

三、已知某连续控制器的传递函数为　　　　　　（10 分）

$$D(s)=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\omega_n\xi s+\omega_n^2}$$

试用双线性变换法求出相应的数字控制器的脉冲传递函数 $D(z)$，并给出控制器的差分形式。其中 $T=1s$。

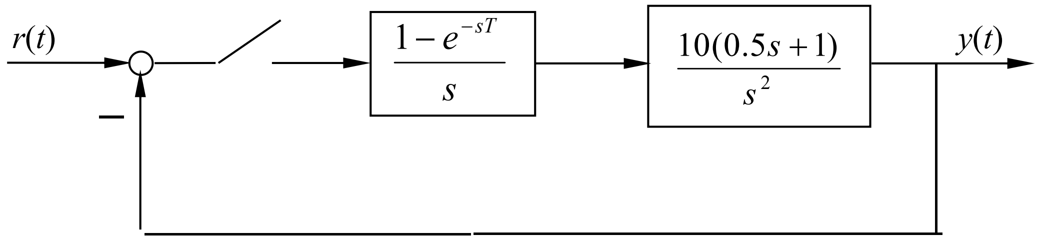
解：令 $s=\frac{2}{T}\frac{z-1}{z+1}=\frac{2}{T}\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}=2\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}$

$$D(z)=\frac{U(z)}{E(z)}=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\omega_n\xi s+\omega_n^2}\bigg|_{s=2\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}}=\frac{\omega_n^2(z^{-2}+2z^{-1}+1)}{(\omega_n^2-4\omega_n\xi+4)z^{-2}+(2\omega_n^2-8)z^{-1}+\omega_n^2+4\omega_n\xi+4}$$

控制器的差分形式为

$$u(k)+\frac{2\omega_n^2-8}{\omega_n^2+4\omega_n\xi+4}u(k-1)+\frac{\omega_n^2-4\omega_n\xi+4}{\omega_n^2+4\omega_n\xi+4}u(k-2)=\frac{\omega_n^2}{\omega_n^2+4\omega_n\xi+4}(e(k)+2e(k-1)+e(k-2))$$

四、已知离散控制系统的结构如下所示，采样周期 $T=0.2s$，输入信号 $r(t)=1+t+\frac{1}{2}t^2$，求该系统的稳态误差。　　　　（10 分）



解：系统开环脉冲传递函数为

$$G(z)=Z[G(s)]=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{10(0.5s+1)}{s^2}\right]$$

$$=(1-z^{-1})Z\left[\frac{5s+10}{s^3}\right]=(1-z^{-1})\left[\frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}-\frac{0.4z^{-1}(1+z^{-1})}{2(1-z^{-1})^3}\right]$$

$$=\frac{z^{-1}(0.8-1.2z^{-1})}{(1-z^{-1})^2}$$

则误差脉冲传递函数为

$$\Phi_e(z)=\frac{E(z)}{R(z)}=\frac{1}{1+G(z)}=\frac{(1-z^{-1})^2}{1-1.2z^{-1}-0.2z^{-2}}$$

$$R(z)=\frac{1}{1-z^{-1}}+\frac{0.2z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}+\frac{0.04z^{-1}(1+z^{-1})}{2(1-z^{-1})^3}=\frac{1.02-1.78z^{-1}+0.8z^{-2}}{(1-z^{-1})^3}$$

稳态误差为

$$e(\infty)=\lim_{z\to1}(1-z^{-1})E(z)=\Phi_e(z)R(z)=0.1$$

五、已知广义被控对象为　　　　（15 分）

$$G(s)=\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s+1}e^{-2s}$$

其中，T=1 s。期望的闭环脉冲传递函数中的时间常数取为 T_c=0.5s，应用史密斯预估器方法确定数字控制器。

解：不含纯滞后的广义对象脉冲传递函数为

$$G_0(z)=Z\left[G_0(s)\right]=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s+1}\right]$$

$$=(1-z^{-1})Z\left[\frac{1}{s(s+1)}\right]=\frac{0.632z^{-1}}{1-0.368z^{-1}}$$

广义对象脉冲传递函数为

$$G(z)=G_0(z)z^{-4}=\frac{0.632z^{-5}}{1-0.368z^{-1}}$$

不考虑纯滞后，闭环系统理想脉冲传递函数为

$\Phi_0(s)=\dfrac{1}{0.5s+1}$， 进而 $\Phi_0(z)=Z\left[\dfrac{1-e^{-Ts}}{s}\dfrac{1}{0.5s+1}\right]=\dfrac{0.865z^{-1}}{1-0.135z^{-1}}$

求得 $D_0(z)=\dfrac{\Phi_0(z)}{[1-\Phi_0(z)]G_0(z)}=1.369\dfrac{1-0.368z^{-1}}{1-z^{-1}}$

于是得史密斯预估器如下

$$D(z)=\frac{D_0(z)}{1+(1-z^{-N})D_0(z)G_0(z)}=1.369\frac{1-0.368z^{-1}}{1-0.135z^{-1}-0.865z^{-5}}$$

六、采用逐点比较法法插补圆弧 OP，起点坐标 O(0，5)，终点坐标 P(5，0)，圆心在原点。要求以表格形式给出插补计算过程，并画出插补运动轨迹。(10

解：

$F_i = y_M x_Z - y_Z x_M =$

步数	误差判别	坐标进给	下一步误差计算	进给后动点坐标	终点判别
初始化			F＝0	x=0,y=5	Σ=10
1	F=0	-y	F=F-2y+1=-9	x=0，y=y-1=4	Σ=Σ−1=9
2	F<0	+x	F=F+2x+1=-8	x=x+1=1,y=4	Σ=Σ−1=8
3	F<0	+x	F=F+2x+1=-5	x=x+1=2,y=4	Σ=Σ−1=7
4	F<0	+x	F=F+2x+1=0	x=x+1=3,y=4	Σ=Σ−1=6
5	F=0	-y	F=F-2y+1=-7	x=3，y=y-1=3	Σ=Σ−1=5
6	F<0	+x	F=F+2x+1=0	x=x+1=4,y=3	Σ=Σ−1=4
7	F=0	-y	F=F-2y+1=-5	x=4，y=y-1=2	Σ=Σ−1=3
8	F<0	+x	F=F+2x+1=4	x=x+1=5,y=2	Σ=Σ−1=2
9	F>0	-y	F=F-2y+1=1	x=5，y=y-1=1	Σ=Σ−1=1
10	F>0	-y	F=F-2y+1=0	x=5，y=y-1=0	Σ=Σ−1=0End

（图略）

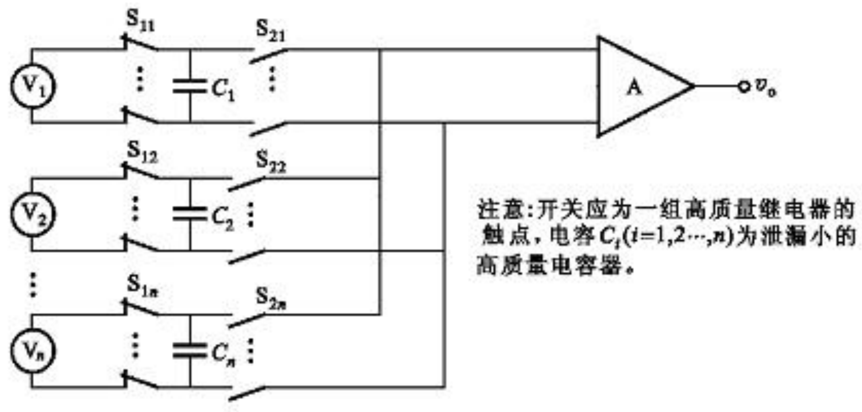
计算机控制系统试卷三

班级：　　　　　　姓名：　　　　　　学号：　　　　　　成绩：

一、　简答题　（每小题 4 分，共 40 分）

1、　简述开关量光电耦合输入电路中，光电耦合器的作用。

2、　回答下述电路中克服共模干扰的工作原理。



3、　什么是采样或采样过程？

4、　线性离散系统的脉冲传递函数的定义是什么？

5、　何为积分饱和现象？

6、　等效离散化设计方法存在哪些缺陷？

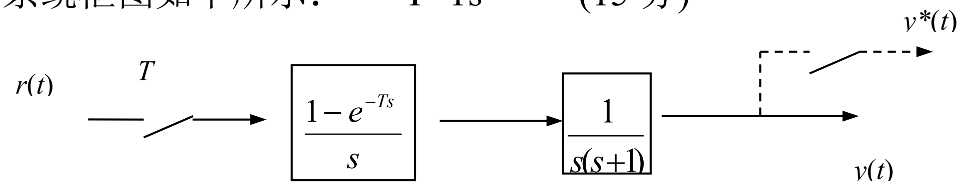
7、　何为最少拍设计？

8、　给出单输入—单输出线性定常离散系统的能控性和能观性与其脉冲传递函数之间的关系。

9、　嵌入式处理器可分为哪几种类型？

10、　针对实际系统可能发生的故障，通常从哪几个方面对故障进行分类？

二、已知系统框图如下所示：　　T=1s　　(15 分)



试写出离散系统的动态方程。

三、已知广义被控对象为　　　　　　　　　　　　　　　（15 分）

$$\Phi(z)=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{e^{-2s}}{0.5s+1}\right]$$

$$G(s)=\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{(s+1)}e^{-2s}$$

$$G(z)=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{e^{-2s}}{(s+1)}\right]$$

其中，T=1s。期望的闭环脉冲传递函数中的时间常数取为 T_c=0.5s，应用大林算法确定数字控制器。

$$D(z)=\frac{\Phi(z)}{[1-\Phi(z)]G(z)}$$

四、已知被控对象　　　　　　　　　　　　　　　　　　（15 分）

$$x(k+1)=\begin{bmatrix}0.5 & 1\\ -0.25 & 0\end{bmatrix}x(k)+\begin{bmatrix}2\\ -2\end{bmatrix}u(k)$$

$$y(k)=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}x(k)$$

设计一个特征值为 $z_{1,2}=0.5\pm j0.25$ 的全维状态观测器。并画出相应的状态变量结构图。

五、已知某系统连续控制器的传递函数　　　　　　　（15 分）

$$D(s)=\frac{2}{(s+1)(s+2)}$$

试分别用阶跃响应和脉冲响应不变法求 $D(s)$ 的等效数字控制器，并写出相应的差分方程表达式。其中采样周期 $T=1s$。

答案

答：实际系统可能发生的故障是多种多样的，可以从下面几个方面对故障进行分类：

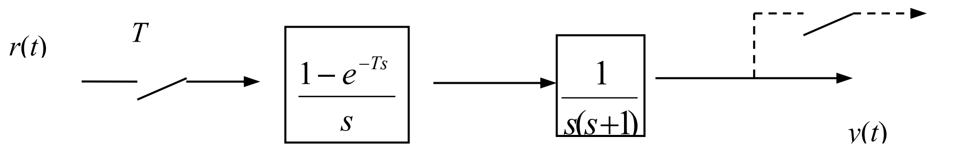
（1） 从故障发生的部位看，分为传感器故障、执行器故障和受控对象故障；

（2） 根据故障性质，分为突变故障和缓变故障；

（3） 从建模角度出发，可分为乘性故障和加性故障；

（4） 从故障间的相互关系，分为单故障和多故障、独立故障和局部故障。

二、已知系统框图如下所示： T=1s (15 分)



试写出离散系统的动态方程。

解：所给系统的脉冲传递函数为

$$G(z)=\frac{Y(z)}{R(z)}=Z\left[G(s)\right]=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s(s+1)}\right]$$

$$=(1-z^{-1})Z\left[\frac{1}{s^2(s+1)}\right]=(1-z^{-1})\left[\frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}-\frac{1}{1-z^{-1}}+\frac{1}{1-e^{-1}z^{-1}}\right]$$

$$=\frac{0.368z^{-1}(1+0.718z^{-1})}{(1-z^{-1})(1-0.368z^{-1})}=\frac{0.368z^{-1}+0.264z^{-2}}{1-1.368z^{-1}+0.368z^{-2}}$$

令 $X(z)=\dfrac{U(z)}{1-1.368z^{-1}+0.368z^{-2}}$ 进而 $X(z)-1.368z^{-1}X(z)+0.368z^{-2}X(z)=U(z)$

则 $Y(z)=(0.368z^{-1}+0.264z^{-2})X(z)$

取 $\begin{array}{l}X_1(z)=z^{-2}X(z)\\ X_2(z)=z^{-1}X(z)=zX_1(z)\end{array}$ 于是得如下状态方程

$$\begin{cases}x_1(k+1)=x_2(k)\\ x_2(k+1)=-0.368x_1(k)+1.368x_2(k)+u(k)\\ y(k)=0.264x_1(k)+0.368x_2(k)\end{cases}$$

写成矩阵形式为

$$\begin{bmatrix}x_1(k+1)\\ x_2(k+1)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -0.368 & 1.368\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1(k)\\ x_2(k)\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u(k)$$

$$y(k) = \begin{bmatrix} 0.264 & 0.368 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \end{bmatrix}$$

三、已知广义被控对象为　　　　　　　　　　　（15 分）

$$G(s) = \frac{1-e^{-Ts}}{s} \frac{1}{(s+1)} e^{-2s}$$

其中，T=1s。期望的闭环脉冲传递函数中的时间常数取为 T_c=0.5s，应用大林算法确定数字控制器。

解：广义对象脉冲传递函数为

$$G(z) = Z[G(s)] = Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s} \frac{1}{s+1} e^{-4Ts}\right]$$

$$= (1-z^{-1})z^{-4} Z\left[\frac{1}{s(s+1)}\right] = \frac{0.632z^{-5}}{1-0.368z^{-1}}$$

闭环系统理想脉冲传递函数为

$$\Phi(z) = Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s} \frac{e^{-4Ts}}{0.5s+1}\right] = \frac{0.865z^{-5}}{1-0.135z^{-1}}$$

得大林控制器如下

$$D(z) = \frac{\Phi(z)}{[1-\Phi(z)]G(z)} = 1.369 \frac{1-0.368z^{-1}}{1-0.135z^{-1}-0.865z^{-5}}$$

四、已知被控对象　　　　　　　　　　　（15 分）

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} 0.5 & 1 \\ -0.25 & 0 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 2 \\ -2 \end{bmatrix} u(k)$$

$$y(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x(k)$$

$N = \begin{pmatrix} C \\ CA \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0.5 & 1 \end{pmatrix}$

rank N = 2 可观

$G = \begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \end{pmatrix}$

设计一个特征值为 $z_{1,2} = 0.5 \pm j0.25$ 的全维状态观测器。并画出相应的状态变量结构图。

$f(\lambda) = |\lambda I - (A - GC)| = \lambda^2 + (g_1 - 0.5)\lambda + g_2 + 0.25$

$f^*(\lambda) = (\lambda - 0.5 - j0.25)(\lambda - 0.5 + j0.25)$

解：能观性矩阵 $Q_o = \begin{bmatrix} C \\ CA \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0.5 & 1 \end{bmatrix}$ 满秩，故系统能观测，可设计

$= \lambda^2 - \lambda + 0.3125$

$\begin{cases} g_1 - 0.5 = -1 \\ g_2 + 0.25 = 0.3125 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} g_1 = -0.5 \\ g_2 = 0.0625 \end{cases}$　$G = \begin{pmatrix} -0.5 \\ 0.0625 \end{pmatrix}$

z

状态观测器。令输出误差反馈矩阵 $H=\begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix}$

观测器期望特征方程为

$$(z-z_1)(z-z_2)=(z-0.5-j0.25)(z-0.5+j0.25)=z^2-z+0.3125=0$$

观测器特征方程为

$$|zI-(A-HC)|=z^2+(h_1-0.5)z+h_2+0.25=0$$

比较上面两式，可得 $h_1=-0.5, h_2=0.0625$

(状态变量图略)。

五、已知某系统连续控制器的传递函数　　　　　　（15 分）

$$D(s)=\frac{2}{(s+1)(s+2)}$$

试分别用阶跃响应和脉冲响应不变法求 $D(s)$ 的等效数字控制器，并写出相应的差分方程表达式。其中采样周期 $T=1s$ 。

解：1、阶跃响应不变法

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

$$=\frac{0.399z^{-1}+0.148z^{-2}}{1\text{-}1.503z^{-1}+0.553z^{-2}-0.05z^{-3}}$$

由 $D(z)=\dfrac{U(z)}{E(z)}$ 可推得数字控制器的差分方程形式如下

$$u(k)=1.503u(k-1)-0.553u(k-2)+0.05u(k-3)+0.399e(k-1)+0.148e(k-2)$$

2、脉冲响应不变法

$$D(z)=TZ[D(s)]=Z\left[\frac{2}{(s+1)(s+2)}\right]=\left(\frac{1}{1-e^{-1}z^{-1}}-\frac{1}{1-e^{-2}z^{-1}}\right)$$

$$=\frac{0.233z^{-1}}{1\text{-}0.503z^{-1}+0.05z^{-2}}$$

由 $D(z)=\dfrac{U(z)}{E(z)}$ 可推得数字控制器的差分方程形式如下

$$u(k) = 0.503u(k-1) - 0.05u(k-2) + 0.233e(k-1)$$

计算机控制系统试卷四

班级：　　　　　　姓名：　　　　　　学号：　　　　　　成绩：

一、　简答题　（每小题 3 分，共 30 分）

1、使用光电隔离器件时，如何做到器件两侧的电气被彻底隔离？

2、给出多通道复用一个 D/A 转换器的原理示意图。

3、什么是信号重构？

4、写出零阶保持器的传递函数，引入零阶保持器对系统开环传递函数的极点有何影响？

5、阶跃响应不变法的基本思想是什么？

6、如何消除积分饱和现象？

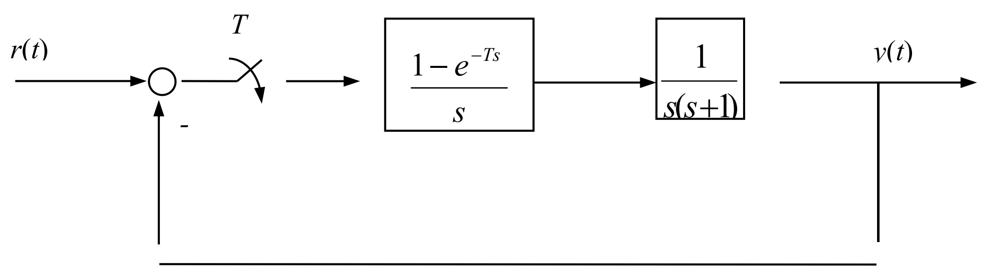
7、给出常规的直接设计法或离散化设计法的具体设计步骤。

8、采用状态反馈任意配置闭环系统极点的充分必要条件是什么？

9、说出实施信号隔离的主要方法。

10、故障诊断中的状态估计方法的基本思想是什么？

二、已知系统框图如下所示：　　T=1s　　(15 分)

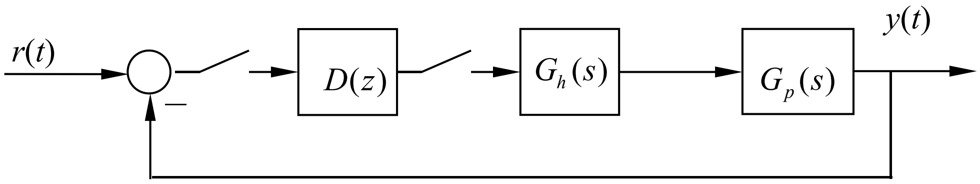


试求闭环离散系统的闭环脉冲传递函数，并判别系统的稳定性。

三、已知某被控对象的传递函数为　　　　(15 分)

$$G_p(s)=\frac{1}{s(s+1)}$$

要求设计成单位反馈计算机控制系统，结构如下图所示。采样周期为 T＝1s。要求闭环特征根为 0.4 和 0.6。试求数字控制器。



四、已知控制系统的被控对象的传递函数为$G(s)=\dfrac{e^{-s}}{(2s+1)(s+1)}$，采样周期 T＝1s，若选闭环系统的时间常数$T_\tau=0.5s$，试用大林算法设计数字控制器$D(z)$。若出现振铃现象，修正数字控制器，消除振铃现象。（20 分）

五、求出双积分系统控制对象的离散状态方程，假设系统所有的状态皆不可直接测量，设计全维状态观测器实现状态反馈，并把闭环两个极点都配置在 0.1，观测器特征方程的两个根配置在原点。（T=1s）（20 分）

答案

计算机控制系统试卷四答案

班级：　　　　　　姓名：　　　　　　学号：　　　　　　成绩：

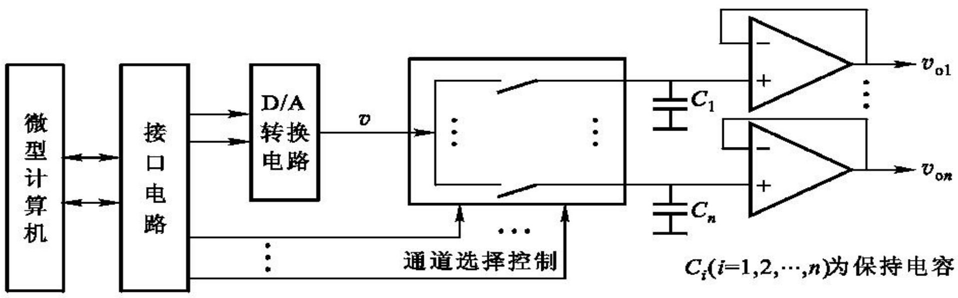
一、　简答题　（每小题 3 分，共 30 分）

1、　使用光电隔离器件时，如何做到器件两侧的电气被彻底隔离？

答：光电隔离器件两侧的供电电源必须完全隔离。

2、　给出多通道复用一个 D/A 转换器的原理示意图。

答：



3、　什么是信号重构？

答：把离散信号变为连续信号的过程，称为信号重构，它是采样的逆过程。

4、　写出零阶保持器的传递函数，引入零阶保持器对系统开环传递函数的极点有何影响？

答：零阶保持器的传递函数为$H_0(s)=\dfrac{1-e^{-Ts}}{s}$。零阶保持器的引入并不影响开环系统脉冲传递函数的极点。

5、　阶跃响应不变法的基本思想是什么？

答：阶跃响应不变法的基本思想是：离散近似后的数字控制器的阶跃响应序列与模拟控制器的阶跃响应的采样值一致。

6、　如何消除积分饱和现象？

答：减小积分饱和的关键在于不能使积分项累积过大。因此当偏差大于某个规定的门限值时，删除积分作用，PID 控制器相当于一个 PD 调节器，既可以加快系统的响应又可以消除积分饱和现象，不致使系统产生过大的超调和振荡。只有当误差 e 在门限ε之内时，加入积分控制，相当于 PID 控制器，则可消除静差，提高控制精度。

7、　给出常规的直接设计法或离散化设计法的具体设计步骤。

答：直接设计法或称离散化设计法的具体设计步骤如下：

(1) 根据已知的被控对象，针对控制系统的性能指标要求及其它约束条件，确定理想的闭环脉冲传递函数 $\Phi(z)$；

(2) 确定数字控制器的脉冲传递函数 D(z)；根据 D(z)编制控制算法程序。

8、　采用状态反馈任意配置闭环系统极点的充分必要条件是什么？

答：采用状态反馈任意配置闭环系统极点的充分必要条件是系统状态完全能控。

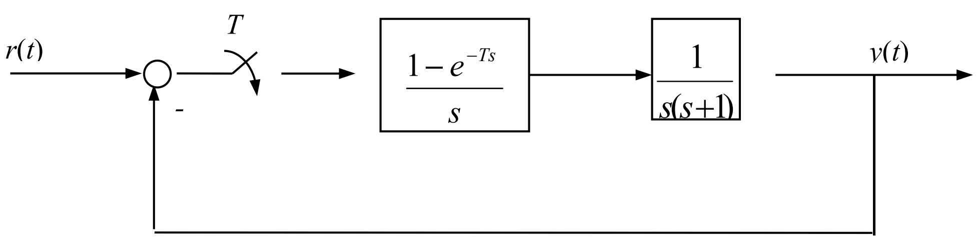
9、　说出实施信号隔离的主要方法。

答：信号隔离方法主要有变压器隔离和光电隔离，变压器隔离适用于模拟信号隔离，光电隔离则特别适合数字信号的隔离。

10、　故障诊断中的状态估计方法的基本思想是什么？

答：故障诊断中的状态估计方法的基本思想是：首先重构被控过程的状态，通过与可测变量比较构成残差序列，再构造适当的模型并用统计检验法，从残差序列中把故障诊断出来。因此，这就要求系统可观测或部分可观测，通常用各种状态观测器或滤波器进行状态估计。

二、已知系统框图如下所示：　T=1s　(15 分)



试求闭环离散系统的闭环脉冲传递函数，并判别系统的稳定性。

解：广义对象脉冲传递函数为

$$G(z)=Z[G(s)]=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s(s+1)}\right]$$

$$=(1-z^{-1})Z\left[\frac{1}{s^2(s+1)}\right]=(1-z^{-1})\left[\frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}-\frac{1}{1-z^{-1}}+\frac{1}{1-e^{-1}z^{-1}}\right]$$

$$=\frac{0.368z^{-1}(1+0.718z^{-1})}{(1-z^{-1})(1-0.368z^{-1})}$$

系统闭环脉冲传递函数为

$$\Phi(z)=\frac{G(z)}{1+G(z)}=\frac{0.368z^{-1}+0.632z^{-2}}{1-z^{-1}+0.632z^{-2}}$$

则闭环系统的特征方程为

$$W(z)=z^2-z+0.632=0$$

由 z 域直接判据

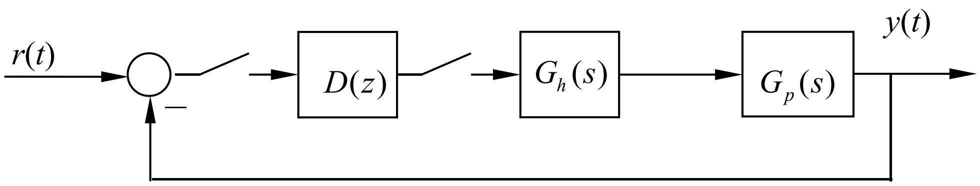
① ∣ $W(0)$ ∣ $=0.632<1$
② $W(1)=1-1+0.632>0$
③ $W(-1)=1+1+0.632>0$

知闭环系统稳定。

三、已知某被控对象的传递函数为 (15 分)

$$G_p(s)=\frac{1}{s(s+1)}$$

要求设计成单位反馈计算机控制系统，结构如下图所示。采样周期为 T＝1s。要求闭环特征根为 0.4 和 0.6。试求数字控制器。



解：广义对象脉冲传递函数为

$$G(z)=Z[G(s)]=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s(s+1)}\right]$$

$$=(1-z^{-1})Z\left[\frac{1}{s^2(s+1)}\right]=(1-z^{-1})\left[\frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}-\frac{1}{1-z^{-1}}+\frac{1}{1-e^{-1}z^{-1}}\right]$$

$$=\frac{0.368z^{-1}(1+0.718z^{-1})}{(1-z^{-1})(1-0.368z^{-1})}$$

根据要求设定闭环脉冲传递函数为

$$\Phi(z)=\frac{1}{(z-0.4)(z-0.6)}=\frac{z^{-2}}{(1-0.4z^{-1})(1-0.6z^{-1})}$$

$$D(z)=\frac{\Phi(z)}{(1-\Phi(z))G(z)}=\frac{2.718z^{-1}(1-z^{-1})(1-0.368z^{-1})}{(1-z^{-1}-0.76z^{-2})(1+0.718z^{-1})}$$

四、已知控制系统的被控对象的传递函数为 $G(s)=\dfrac{e^{-s}}{(2s+1)(s+1)}$，采样周期 T＝1s，若选闭环系统的时间常数 $T_\tau=0.5s$，试用大林算法设计数字控制器 $D(z)$。若出现振铃现象，修正数字控制器，消除振铃现象。（20 分）

解：采样周期 T=1s，期望闭环脉冲传递函数为

$$\Phi(s)=\frac{e^{-s}}{0.5s+1}=\frac{2e^{-s}}{s+2}$$

进而

$$\Phi(z)=Z\left[\frac{1-e^{-s}}{s}\frac{2e^{-s}}{s+2}\right]=\frac{0.865z^{-2}}{1-0.368z^{-1}}$$

被控装置广义脉冲传递函数

$$G(z)=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{e^{-s}}{(2s+1)(s+1)}\right]=\frac{0.154z^{-2}(1+0.610z^{-1})}{(1-0.368z^{-1})(1-0.607z^{-1})}$$

则

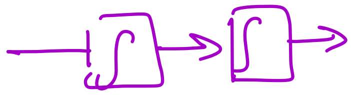
$$D(z)=\frac{1}{G(z)}\frac{\Phi(z)}{1-\Phi(z)}=\frac{5.617(1-0.368z^{-1})(1-0.607z^{-1})}{(1+0.610z^{-1})(1-0.368z^{-1}-0.865z^{-2})}$$

$$=\frac{5.617(1-0.368z^{-1})(1-0.607z^{-1})}{(1+0.610z^{-1})(1+0.763z^{-1})(1-1.131z^{-1})}$$

由振铃现象产生的原理知，用常规大林算法设计的被控对象为二阶的系统必产生振铃现象。在 D(z)中的靠近 z＝－1 的两个因子中令 z＝1 来消除振铃现象，即

$$D(z)=\frac{1}{G(z)}\frac{\Phi(z)}{1-\Phi(z)}=\frac{5.617(1-0.368z^{-1})(1-0.607z^{-1})}{(1+0.610)(1+0.763)(1-1.131z^{-1})}$$

$$=\frac{1.979(1-0.368z^{-1})(1-0.607z^{-1})}{1-1.131z^{-1}}$$



五、求出双积分系统控制对象的离散状态方程，假设系统所有的状态皆不可直接测量，设计全维状态观测器实现状态反馈，并把闭环两个

$G(z)=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s^2}\right]$

$=(1-z^{-1})Z\left[\frac{1}{s^3}\right]=\frac{z-1}{z}\cdot\frac{T^2z(z+1)}{2(z-1)^3}=\frac{z+1}{2(z-1)^2}$

$\frac{0.5z+0.5}{}$

z^2-2z+1

$G_2\begin{pmatrix}g_1\\g_2\end{pmatrix}$ $\quad x(k+1)=\begin{pmatrix}0&1\\-1&2\end{pmatrix}x(k)+\begin{pmatrix}0.5\\0.5\end{pmatrix}u(k)$ $\quad y(k)=(0,1)\,x(k)$

极点都配置在 0.1，观测器特征方程的两个根配置在原点。（T=1s）（20 分）

$f(\lambda)=|\lambda I-(A-GC)|$

$f(\lambda)^{*}=\lambda^2$

$K=[k_1\ k_2]$

解：系统的广义对象脉冲传递函数为

$$G(z)=(1-z^{-1})Z[\frac{1}{s^3}]=\frac{T^2}{2}\frac{z+1}{(z-1)^2}=\frac{0.5+0.5z}{z^2-2z+1}$$

可写其能控标准型实现为

$$\begin{bmatrix}x_1(k+1)\\x_2(k+1)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0&1\\-1&2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1(k)\\x_2(k)\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}u(k)$$

$$y(k)=\begin{bmatrix}0.5&0.5\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1(k)\\x_2(k)\end{bmatrix}$$

对应的能观性矩阵为

$Q_0=\begin{bmatrix}C\\CA\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0.5&0.5\\-0.5&1.5\end{bmatrix}$满秩，故系统能观可设计观测器。

先求状态观测器增益矩阵 $H=\begin{bmatrix}h_1\\h_2\end{bmatrix}$

状态观测器特征多项式为

$$|zI-(A-HC)|=\begin{vmatrix}z+0.5h_1&0.5h_1-1\\1+0.5h_2&z+0.5h_2-2\end{vmatrix}$$
$$=z^2+(0.5h_1+0.5h_2-2)z+(-1.5h_1+0.5h_2+1)$$

观测器期望特征多项式为

$$(z+0)(z+0)=z^2$$

比较上面两式 z 各次幂项系数得 $H=[h_1\quad h_2]^T=[1.5\quad 2.5]^T$

再求状态反馈增益矩阵 $K=[k_1\quad k_2]$

期望闭环特征方程为

$$(z-0.1)(z-0.1)=z^2-0.2z+0.01=0$$

则引入状态反馈后系统闭环特征方程为

$$\left|zI - A + BK\right| = \begin{vmatrix} z & -1 \\ k_1 + 1 & z + k_2 - 2 \end{vmatrix}$$
$$= z^2 + (k_2 - 2)z + (k_1 + 1) = 0$$

比较上面二方程 z 各次幂项系数，得 $K = \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.99 & 1.8 \end{bmatrix}$

计算机控制系统试卷五

班级：　　　　　姓名：　　　　　学号：　　　　　成绩：

一、简答题（每小题 4 分，共 40 分）

1、 简述采样定理的基本内容。

2、 线性离散控制系统稳定的充要条件是什么？

3、 脉冲响应不变法的基本思想是什么？

4、 写出增量型 PID 的差分控制算式。

5、 如何消除比例和微分饱和现象？

6、 给出线性定常离散系统的能控性定义。

7、 给出线性定常离散系统的能观性定义。

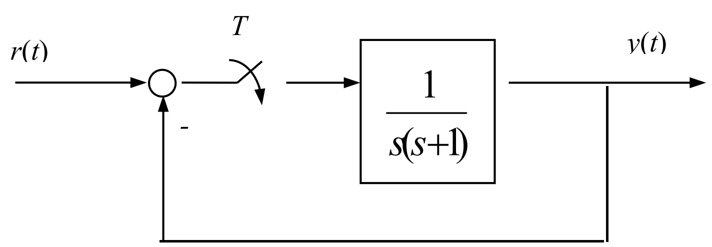
8、 简述计算机网络的功能及特点。

9、 基于 Internet 网络的控制在控制领域的应用中有着怎样的优势？

10、为提高计算机控制系统的可靠性，通常采取的措施有哪些？

二、已知 $F(s)=\dfrac{1}{s(s+5)}$ 　求　$F(z)$　　　（10 分）

三、已知系统框图如下所示：　T=1s　　(10 分)



判别系统稳定性。

四、用后向差分法求下列模拟滤波器 $D(s)$的等效数字滤波器，并给出差分递推算式，设 T=1s,　　　　　(10 分)

$$D(s)=\frac{2}{(s+1)(s+2)}$$

五、已知广义被控对象: $G(s)=\frac{1-e^{-Ts}}{s}\bullet\frac{1}{s+1}$， 给定 T=1s (20 分)

针对单位阶跃输入设计最小拍无纹波控制系统, 并画出系统的输出波形图。

六、采用逐点比较法插补直线 OP，起点坐标 O(0，0)，终点坐标 P(5，-4)，要求以表格形式给出插补计算过程，并画出插补运动轨迹。（10 分）

答案

计算机控制系统试卷五答案

班级：　　　　　姓名：　　　　　学号：　　　　　成绩：

一、简答题（每小题 4 分，共 40 分）

1、简述采样定理的基本内容。

答：采样定理：如果连续信号 $f(t)$ 具有有限频谱，其最高频率为 $\omega_{\max}$，则对 $f(t)$ 进行周期采样且采样角频率 $\omega_s \geq 2\omega_{\max}$ 时，连续信号 $f(t)$ 可以由采样信号 $f^*(t)$ 唯一确定，亦即可以从 $f^*(t)$ 无失真地恢复 $f(t)$。

2、线性离散控制系统稳定的充要条件是什么？

答：线性离散控制系统稳定的充要条件是：闭环系统特征方程的所有根的模｜z_i｜<1，即闭环脉冲传递函数的极点均位于 z 平面的单位圆内。

3、脉冲响应不变法的基本思想是什么？

答：脉冲响应不变法的基本思想是：离散近似后的数字控制器的脉冲响应 $g_D(kT)$ 是模拟控制器的脉冲响应采样值 $g(kT)$ 的 T 倍

4、写出增量型 PID 的差分控制算式。

答：增量型 PID 控制算式可以写为

$$u_i = u_{i-1} + K_P[e_i - e_{i-1} + \frac{T}{T_I}e_i + \frac{T_D}{T}(e_i - 2e_{i-1} + e_{i-2})]$$

5、如何消除比例和微分饱和现象？

答："积分补偿法"。其中心思想是将那些因饱和而未能执行的增量信息积累起来，一旦有可能再补充执行。这样，动态过程也得到了加速。即，一旦△u 超限，则多余的未执行的控制增量将存储在累加器中；当控制量脱离了饱和区，则累加器中的量将全部或部分地加到计算出的控制增量上，以补充由于限制而未能执行的控制。

6、给出线性定常离散系统的能控性定义。

答：对于 n 阶线性定常离散系统 $\mathbf{x}(k+1) = A\mathbf{x}(k) + B\mathbf{u}(k)$； $\mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0$，若存在有限个输入向量序列 $\{u(0),\ u(1),\ \cdots\ u(l-1)\}$ $(l \leq n)$ 能将某个初始状态 $\mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0$ 在第 l 步控制到零状态，即 $\mathbf{x}(l) = 0$，则称此状态是能控的。若系统的所有状态都是能控的，则称此系统 (A, B) 是状态完全能控的，或简称系统是能控的。

7、给出线性定常离散系统的能观性定义。

答：若系统 $\begin{aligned}\mathbf{x}(k+1)&=A\mathbf{x}(k)+B\mathbf{u}(k)\\ \mathbf{y}(k)&=C\mathbf{x}(k)+\mathbf{D}\mathbf{u}(k)\end{aligned}$ 若已知输入序列 $\{\mathbf{u}(0),\ \ \mathbf{u}(1),\ \ \cdots\ \ \mathbf{u}(n-1)\}$ 和有限个采样瞬间测量到的输出序列 $\mathbf{y}(k)$，即 $\{\mathbf{y}(0),\ \ \mathbf{y}(1),\ \ \cdots\ \ \mathbf{y}(n-1)\}$，可以唯一地确定出系统的任意初始状态 $\mathbf{x}(0)=\mathbf{x}_0$，则称系统是状态能观测的，或简称能观测。

8、 简述计算机网络的功能及特点。

答：（1）数据信息的快速传输和处理，以实现实时管理和实时监控。

（2） 可共享计算机系统资源。

（3） 提高了计算机的可靠性。

（4） 能均衡负载、互相协作。

（5） 能进行分布处理。在计算机网络中，可根据具体要求选择网内最合适的资源来处理。

（6） 计算机网络的智能化，提高了网络的性能和综合的多功能服务，并能更加合理地进行应用，以提高综合信息服务的水平。

9、 基于 Internet 网络的控制在控制领域的应用中有着怎样的优势？

答：基于 Internet 网络的控制在控制领域的应用中有着如下优势：

（1） 能够远程遥监测、控制被控对象的特性和行为；

（2） 能使世界各地的专家足不出户、协同作业对被控对象进行控制；

（3） 从商业角度来说，由于员工的地理可分散性，大大提高了企业或公司的经营效率，从而降低了企业或公司的经营成本。

10、为提高计算机控制系统的可靠性，通常采取的措施有哪些？

答：为提高计算机控制系统的可靠性，通常采取以下几种措施：

（1） 提高元器件和设备的可靠性；

（2） 采取抗干扰措施，提高系统对环境的适应能力；

（3） 采用可靠性设计技术；

（4） 采用故障诊断技术。

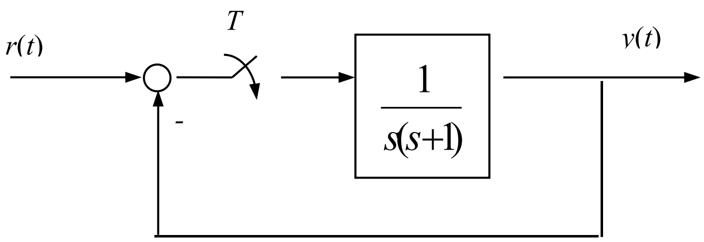
二、已知 $F(s)=\dfrac{1}{s(s+5)}$ 求 $F(z)$ （10 分）

解：

$$F(z)=Z[F(s)]=Z\left[\frac{1}{s(s+5)}\right]=\frac{1}{5}\left[\frac{1}{1-z^{-1}}-\frac{1}{1-e^{-5T}z^{-1}}\right]$$

$$=\frac{0.2(1-e^{-5T})z^{-1}}{(1-z^{-1})(1-e^{-5T}z^{-1})}$$

三、已知系统框图如下所示：　T=1s　(10 分)



判别系统稳定性。

解：系统开环传递函数为

$$G(z)=Z[G(s)]=Z\left[\frac{1}{s(s+1)}\right]$$

$$=Z\left[\frac{1}{s(s+1)}\right]=\left[\frac{1}{1-z^{-1}}-\frac{1}{1-e^{-1}z^{-1}}\right]$$

$$=\frac{0.632z^{-1}}{(1-z^{-1})(1-0.368z^{-1})}=\frac{0.632z^{-1}}{1-1.368z^{-1}+0.368z^{-2}}$$

系统闭环特征方程

$$1+G(z)=z^2-0.736z+0.368=0$$

采用双线性变换 $z=\frac{1+w}{1-w}$ 得 w 平面特征方程为

$$2.104w^2+1.264w+0.632=0$$

建立劳斯表

w^2	2.104	0.632
w^1	1.264	
w^0	0.632	

由劳斯判据可知系统稳定。

四、用后向差分法求下列模拟滤波器 $D(s)$ 的等效数字滤波器，并给出差分递推算式，设 T=1s,　(10 分)

$$D(s)=\frac{2}{(s+1)(s+2)}$$

解：使用后项差分离散化方法，令$s=\frac{1-z^{-1}}{T}$，则

$$D(z)=\frac{U(z)}{E(z)}=D(s)\big|_{s=1-z^{-1}}=\frac{2}{z^{-2}-5z^{-1}+6}$$

可得其差分递推算式为

$$u(k)=\frac{5}{6}u(k-1)-\frac{1}{6}u(k-2)+\frac{1}{3}e(k)$$

五、已知广义被控对象: $G(s)=\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s+1}$， 给定 T=1s　　(20 分)

针对单位阶跃输入设计最小拍无纹波控制系统, 并画出系统的输出波形图。

$\Phi(z)=a_0 z^{-1}$

$\Phi(1)=1\quad a_0=1$

解：广义对象脉冲传递函数为

$\Phi(z)=z^{-1}$

$$G(z)=Z\left[G(s)\right]=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\frac{1}{s+1}\right]$$

$\Phi_e(z)=1-z^{-1}$

$$=(1-z^{-1})Z\left[\frac{1}{s(s+1)}\right]=\frac{0.632z^{-1}}{1-0.368z^{-1}}$$

$D(z)=\frac{\Phi(z)}{\Phi_e(z)G(z)}$

可以看出，G(z)的零点为-0.718(单位圆内)、极点为 1(单位圆上)、0.368(单位圆内)，故 w=0,v=0(单位圆上除外), m=1。针对阶跃输入进行设计，故 p=1。于是可设

$=\frac{(1-0.368z^{-1})}{(1-z^{-1})\,0.632}$

$$\Phi(z)=z^{-1}c_0$$
$$\Phi(1)=c_0=1$$

$=\frac{1.58(1-0.368z^{-1})}{(1-z^{-1})}$

解得　$c_0=1$。

z^{-1}

闭环脉冲传递函数为

$Y(z)=\Phi(z)\cdot R(z)=z^{-1}\cdot\frac{1}{1-z^{-1}}$

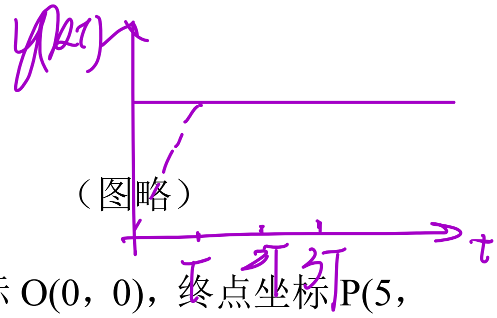
$=z^{-1}+z^{-2}+z^{-3}+\cdots$

$$\Phi(z)=z^{-1}$$
$$\Phi_e(z)=1-\Phi(z)=1-z^{-1}$$

则　　$D(z)=\frac{\Phi(z)}{\Phi_e(z)G(z)}=\frac{1-0.368z^{-1}}{0.632(1-z^{-1})}$

$$Y(z)=R(z)\Phi(z)=\frac{z^{-1}}{1-z^{-1}}=z^{-1}+z^{-2}+z^{-3}+\cdots$$

（图略）



六、采用逐点比较法插补直线 OP，起点坐标 O(0，0)，终点坐标 P(5，-4)，要求以表格形式给出插补计算过程，并画出插补运动轨迹。（10 分）

解：插补运算过程如下

步数	误差判别	坐标进给	误差计算	终点判别
初始化			$F_0=0$	×
1	$F=0$	$+x$	$F_{i+1}=F_i-y_e=-4$	×
2	$F=-4<0$	$-y$	$F_{i+1}=F_i+x_e=1$	×
3	$F=1>0$	$+x$	$F_{i+1}=F_i-y_e=-3$	×
4	$F=-3<0$	$-y$	$F_{i+1}=F_i+x_e=2$	×
5	$F=2>0$	$+x$	$F_{i+1}=F_i-y_e=-2$	×
6	$F=-2<0$	$-y$	$F_{i+1}=F_i+x_e=3$	×
7	$F=3>0$	$+x$	$F_{i+1}=F_i-y_e=-1$	×
8	$F=-1<0$	$-y$	$F_{i+1}=F_i+x_e=4$	×
9	$F=4>0$	$+x$	$F_{i+1}=F_i-y_e=0$	$\Sigma=\Sigma-1=0$ End ✓

（图略）