

浙江工业大学期终考试命题稿

2020 /2021 学年第 二 学期

课程名称	计算机控制技术	使用班级	自动化 2018
教师份数	10	学生份数	150
命题人	陈国定	审核人	
命题总页数	5 页	每份试卷需用白纸	3 大张

命题注意事项：

- 一、命题稿请用 A4 纸电脑打印，或用教务处印刷的命题纸，并用黑墨水书写，保持字迹清晰，页码完整。
- 二、两份试题必须同等要求，卷面上不要注明 A、B 字样，由教务处抽定 A、B 卷。
- 三、命题稿必须经学院审核，并在考试前两周交教务处。

浙江工业大学 2020/2021 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）

- 为实现实时控制，在一个采样周期内必须完成 数据采集、算出新的控制量、控制量的输出。(3 分)
- 能使 N 次测量的误差平方和最小的滤波方法是 算术平均值滤波。(2 分)
- 抑制电磁干扰的主要方法有：滤波、屏蔽、隔离、合理接地。(4 分)
- I/O 接口主要作用有 端口兼容、端口选择 和 端口负载能力。(3 分)
- A/D 转换器主要技术参数 分辨率、转换时间（转换速率）。(2 分)
- 某被控对象单位阶跃响应如图 2，控制输入 $u(k)$ 如图 3 所示，假设系统初始输出 $y(0) = 0$ ，试求 $k = 3$ 、 $k = 6$ 时被控对象输出 $y(3) = \underline{0.2a_3+0.3a_2}$ ， $y(6) = \underline{0.2a_6+0.3a_5+0.3a_3+0.2a_1}$ 。(4 分)

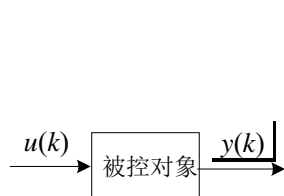


图 1

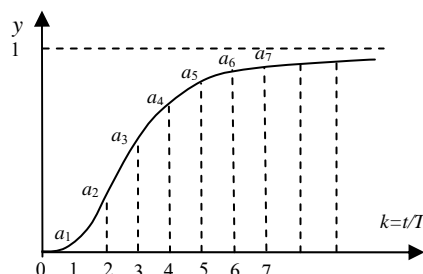


图 2

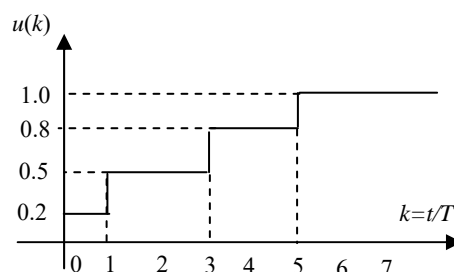


图 3

- RS485 采用 平衡传输方式，比 RS232C 传输距离更远、传输速度更快。(2 分)

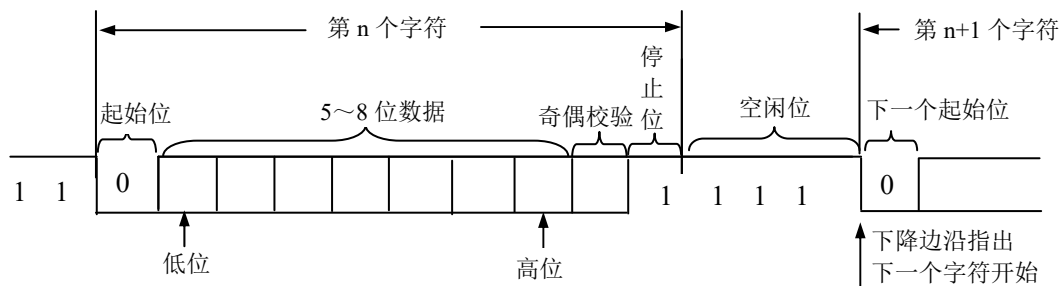
二、简答题（20 分，每题 5 分）

1. 简述异步通信方式格式标准，比较异步通信、同步通信方式各自的特点。

异步通信是指以字符为单位传送数据，用起始位和停止位标识每个字符的开始和结束字符，两次传送时间间隔不固定。

标准的异步通信格式如图所示。每个字符在传输时，由一个“1”跳变到“0”的起始位开始。其后的 5 到 8 个字符信息位，信息位由低到高排列，其后是可以选择的奇偶校验位，最后为“1”的停止位。如果传输完一个字符后立即传输下一个字符，那么后一个起始位就紧挨着前一个字符的停止位了。字符传输前，输出线为“1”状态，称为标识态，传输一开始，输出线状态由“1”变为“0”状态，作为起始位。传输完一个字符之后的间隔时间输出线又进入标识态。

（3 分）



异步通信和同步通信的比较

（2 分）

- 1) 异步通信简单，双方时钟可允许一定误差。同步通信较复杂，双方时钟的允许误差较小。
- 2) 异步通信只适用于点对点通信，同步通信可用于点对多通信。
- 3) 异步通信通信效率低，同步通信效率高。

2. 大林算法产生振铃现象的原因是什么？消除振铃用什么方法？

系统输出在采样点上的值可按期望指数形式变化，但控制量有大幅度的摆动。大林把这种控制量以二分之一的采样频率振荡的现象称为振铃(Ringing)。

振铃现象的产生，是由于控制量的 z 变换有在单位圆内接近 $z = -1$ 的极点。离 $z = -1$ 越近，振铃幅度就会加大。

（2 分）

大林提出了一种简单的消除振铃办法，即只要在控制器对应的极点因子中令 $z = 1$ ，就可以消除振铃现象。而且根据终值定理，系统的稳态输出可保持不变。

（2 分）

应该注意，由于修改了控制器结构，闭环传递函数 $\Phi(z)$ 也发生了变化，一般应检验其在改变后是否稳定。

（1 分）

3. ADC0809 与 AD574 都是逐次逼近型 A/D 转换器,试给出逐次逼近 A/D 转换器构成及其转换过程。

逐次逼近 A/D 转换器电路构成如图所示。由 N 次逐次逼近寄存器 SAR, D/A 转换器、比较器、置数选择逻辑电路等部分所组成。

首先,通过置数选择逻辑电路置 SAR 的最高位为 1,其余位 0,经 D/A 转换器转换成的模拟电压 U_o 与输入模拟电压 U_i 在电压比较器进行比较,若 $U_i \geq U_o$,则保留最高位 1,若 $U_i < U_o$,则清除最高位为 0。

其次,置次高位为 1,低位全为 0。按上述步骤进行转换、比较和判断,决定次高位应取 1 还是 0。

重复上述过程,直到确定了 SAR 的最低位应取 1 还是 0 为止。此时, SAR 的内容就是对应的输入模拟电压转换后的数字量。

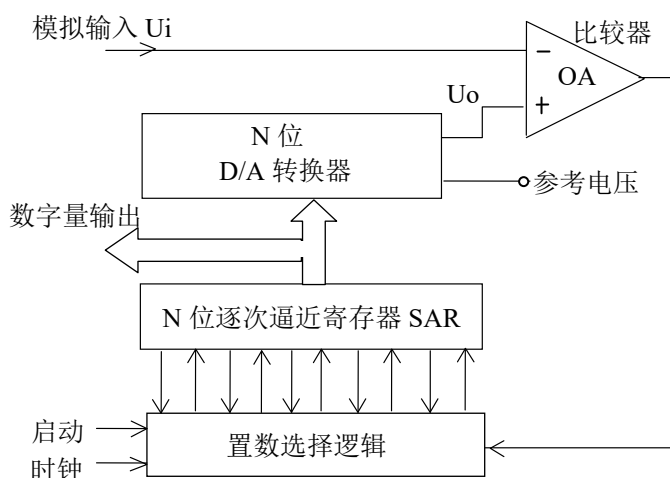


图 (2 分)

叙述 (3 分)

4. 画出直接数字控制 (DDC) 系统的结构图,简述其工作过程。

直接数字控制 DDC(Direct Digital Control)系统其结构如图所示。DDC 系统中计算机通过对被控对象或者生产过程的物理量进行巡回检测,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执行机构。

叙述 (2 分)

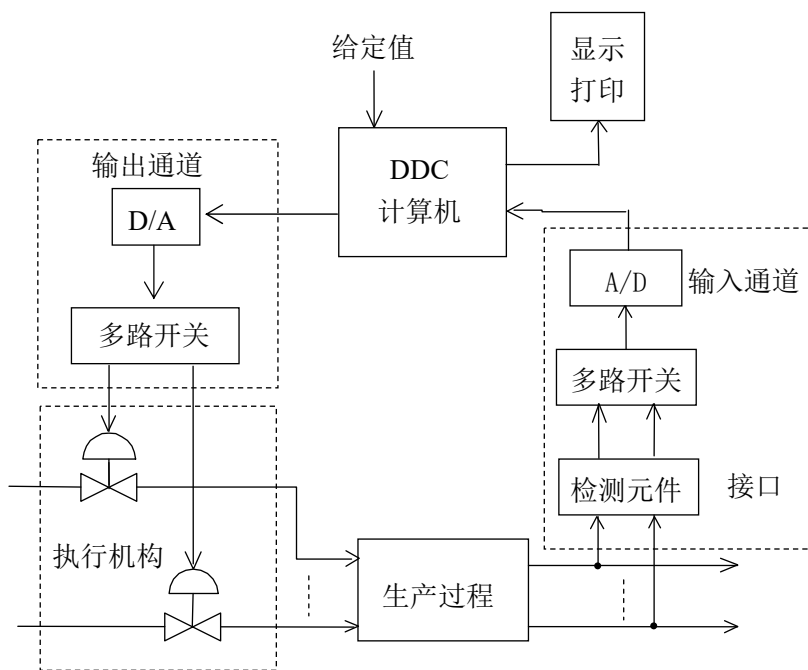


图 (3 分)

三、(10分) 已知 PD 调节器 $D(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{4+2s}{1+0.2s}$ ，试写出其数字控制器的位置型和增量型算式，采样周期取 $T = 0.2s$ 。

解：PD 调节器 $D(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{4+2s}{1+0.2s} = 4 + \frac{1.2s}{1+0.2s}$ ，(2分) $U(s) = K_p E(s) + \frac{T_D s}{1+\tau s} E(s)$

记 $U_D(s) = \frac{T_D s}{1+\tau s} E(s)$ $K_p = 4$, $T_D = 1.2$, $\tau = 0.2$, 控制 $u(k) = K_p e(k) + u_D(k)$

$$(1+\tau)U_D(s) = T_D s E(s) \quad u_D(k) + \frac{\tau}{T}[u_D(k) - u_D(k-1)] = \frac{T_D}{T}[e(k) - e(k-1)]$$

$$(1+\frac{\tau}{T})u_D(k) = \frac{T_D}{T}[e(k) - e(k-1)] + \frac{\tau}{T}u_D(k-1), \quad 2u_D(k) = 6[e(k) - e(k-1)] + u_D(k-1)$$

$$u_D(k) = 3[e(k) - e(k-1)] + 0.5u_D(k-1) \quad (2分)$$

或记 $\alpha = \frac{1}{1+T/\tau}$ ，则 $u_D(k) = (1-\alpha)\frac{T_D}{T}[e(k) - e(k-1)] + \alpha u_D(k-1) = 3[e(k) - e(k-1)] + 0.5u_D(k-1)$

(1) 数字 PD 控制器的位置型： $u(k) = 4e(k) + u_D(k)$ ，其中 $u_D(k) = 3[e(k) - e(k-1)] + 0.5u_D(k-1)$

$$u(k) = 7e(k) - 3e(k-1) + 0.5u_D(k-1) \quad (2分)$$

(2) 数字 PD 控制器的增量型：

由位置型， $u(k) = 7e(k) - 3e(k-1) + 0.5u_D(k-1)$

$$\text{得： } u(k-1) = 7e(k-1) - 3e(k-2) + 0.5u_D(k-2) \quad (2分)$$

$$\Delta u(k) = u(k) - u(k-1) = 7e(k) - 10e(k-1) + 3e(k-2) + 0.5\Delta u_D(k-1), \quad (2分)$$

其中 $\Delta u_D(k-1) = u_D(k-1) - u_D(k-2)$

第二种解法：直接微分差分变换求，只给一半分，5分。

$$\text{PD 调节器 } D(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{4+2s}{1+0.2s}, \quad (1+0.2s)U(s) = (4+2s)E(s)$$

$$u(k) + \frac{0.2}{T}[u(k) - u(k-1)] = 4e(k) + \frac{2}{T}[e(k) - e(k-1)],$$

$$\text{位置型： } u(k) = 0.5u(k-1) + 7e(k) - 5e(k-1) \quad (3分)$$

增量型：

$$\text{由位置型有 } u(k-1) = 0.5u(k-2) + 7e(k-1) - 5e(k-2)$$

$$\Delta u(k) = u(k) - u(k-1) = 7e(k) - 12e(k-1) + 5e(k-2) + 0.5[u(k-1) - u(k-2)] \quad (2分)$$

四、(10分) 已知某系统数字控制器为 $D(z) = \frac{2 + 3.7z^{-1} + 1.53z^{-2}}{1 + 1.3z^{-1} + 0.4z^{-2}}$

(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) 试用并联程序法实现之, 写出 $u(k)$ 表达式。

解: (1) 采用直接程序设计法实现, 正则 II, 计算时延最小。

$$D(z) = \frac{2 + 3.7z^{-1} + 1.53z^{-2}}{1 + 1.3z^{-1} + 0.4z^{-2}} = \frac{U(z)}{E(z)}$$

$$U(z) = 2E(z) + z^{-1}[3.7E(z) - 1.3U(z)] + z^{-2}[1.53E(z) - 0.4U(z)] \quad (2 \text{ 分})$$

$$u(k) = 2e(k) + [3.7e(k-1) - 1.3u(k-1)] + [1.53e(k-2) - 0.4u(k-2)] = 2e(k) + d \quad (2 \text{ 分})$$

其中 $d = [3.7e(k-1) - 1.3u(k-1)] + [1.53e(k-2) - 0.4u(k-2)]$ 可在上一拍计算, 当拍计算时延最小。

(2) 并联程序法实现

$$\begin{aligned} D(z) &= \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{2 + 3.7z^{-1} + 1.53z^{-2}}{1 + 1.3z^{-1} + 0.4z^{-2}} = 2 + \frac{1.1z^{-1} + 0.73z^{-2}}{1 + 1.3z^{-1} + 0.4z^{-2}} = 2 + \frac{1.2z^{-1}}{2 + z^{-1}} + \frac{2.5z^{-1}}{5 + 4z^{-1}} \\ &= 2 + \frac{0.6z^{-1}}{1 + 0.5z^{-1}} + \frac{0.5z^{-1}}{1 + 0.8z^{-1}} = 2 + D_1(z) + D_2(z) \end{aligned} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{其中 } D_1(z) = \frac{0.6z^{-1}}{1 + 0.5z^{-1}}, \quad D_2(z) = \frac{0.5z^{-1}}{1 + 0.8z^{-1}}$$

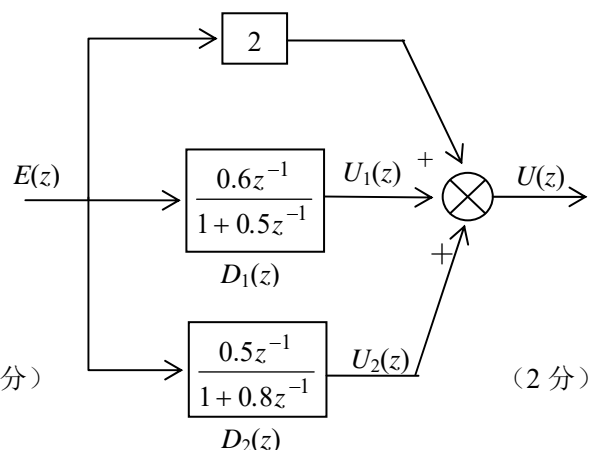
算法: $u(k) = 2e(k) + u_1(k) + u_2(k)$

其中 $u_1(k) = 0.6e(k-1) - 0.5u_1(k-1)$,

$u_2(k) = 0.5e(k-1) - 0.8u_2(k-1)$

记 $d = u_1(k) + u_2(k)$, $u_1(k)$ 、 $u_2(k)$

d 可在上一拍计算, 当前拍计算时延最短。 (2分)



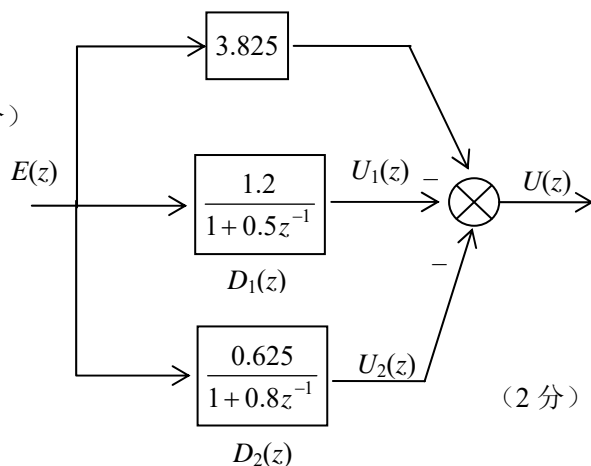
或者 $D(z)$ 写成: $D(z) = 3.825 + \frac{-1.2}{1 + 0.5z^{-1}} + \frac{-0.625z^{-1}}{1 + 0.8z^{-1}}$
 $= 3.825 - D_1(z) - D_2(z) \quad (2 \text{ 分})$

$$\text{其中 } D_1(z) = \frac{1.2z^{-1}}{1 + 0.5z^{-1}}, \quad D_2(z) = \frac{0.625z^{-1}}{1 + 0.8z^{-1}}$$

算法: $u(k) = 3.825e(k) - u_1(k) - u_2(k)$

其中 $u_1(k) = 1.2e(k) - 0.5u_1(k-1)$,

$u_2(k) = 0.625e(k) - 0.8u_2(k-1) \quad (2 \text{ 分})$



五、(10 分)如图 4 所示计算机控制系统，采样周期 $T=0.2s$ ，广义被控对象 $G(z)=\frac{5(1+0.8z^{-1})}{1+1.2z^{-1}}$ ，试

(1) 设计单位阶跃输入时系统响应最少拍无差有纹波的控制器的 $D(z)$ (5 分)

(2) 在以上最少拍控制基础上，引入惯性因子，惯性因子 $c=0.5$ ，求系统的控制器 $D^*(z)$ (5 分)

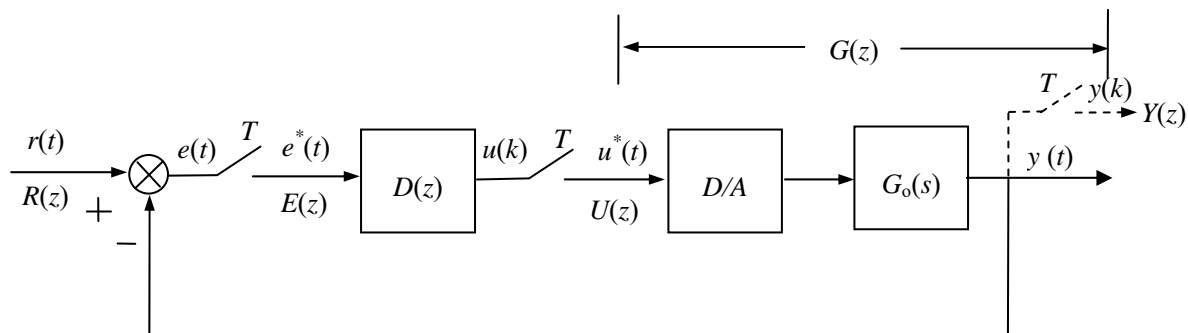


图 4

解：

(1) 单位阶跃输入最少拍无差有纹波的控制器的 $D(z)$

取闭环传递函数： $\Phi(z) = m_1 z^{-1} + m_2 z^{-2}$

误差传递函数： $\Phi_e(z) = (1 - z^{-1})(1 + 1.25z^{-1})$ (2 分)

根据 $\Phi_e(z) = 1 - \Phi(z)$ ，可得： $m_1 = -0.25$ ， $m_2 = 1.25$

控制器 $D(z)$ ： $D(z) = \frac{1}{G(z)} \frac{\Phi(z)}{\Phi_e(z)} = \frac{-0.05z^{-1}(1 - 5z^{-1})}{(1 - z^{-1})(1 + 0.8z^{-1})}$

(2) 引入惯性因子 $c=0.5$ ，传递函数变成 $\Phi^*(z)$

$$\Phi_e^*(z) = \frac{\Phi_e(z)}{1 - cz^{-1}} = \frac{(1 - z^{-1})(1 + 1.25z^{-1})}{1 - 0.5z^{-1}}$$

$$\Phi^*(z) = 1 - \Phi_e^*(z) = \frac{-0.75z^{-1}(1 - 1.667z^{-1})}{1 - 0.5z^{-1}}$$

$$\text{控制器 } D^*(z) = \frac{1}{G(z)} \frac{\Phi^*(z)}{\Phi_e^*(z)} = \frac{-0.15z^{-1}(1 - 1.667z^{-1})}{(1 - z^{-1})(1 + 0.8z^{-1})}$$

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

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

六、(10 分) 已知某控制器传递函数

$$D(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{5(s+1)}{s+5}$$

试将其离散化, 采样周期 $T=0.2s$, 写出控制算式 $u(k)$ 、控制器传递函数 $D(z) = \frac{U(z)}{E(z)}$

(1) 采用差分变换法;

(2) 采用零极点匹配法。

解:

(1) 差分变换法

$$D(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{5(s+1)}{s+5}, \quad U(s)(s+5) = E(s)(5s+5)$$

$$\dot{u}(t) + 5u(t) = 5\dot{e}(t) + 5e(t)$$

$$\frac{u(k) - u(k-1)}{T} + 5u(k) = 5 \frac{e(k) - e(k-1)}{T} + 5e(k), \quad T = 0.2s$$

$$\text{控制算式: } u(k) = 0.5u(k-1) + 3e(k) - 2.5e(k-1) \quad (3 \text{ 分})$$

$$U(z) = 0.5z^{-1}U(z) + 3E(z) - 2.5z^{-1}E(z)$$

$$\text{控制器: } D(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{3 - 2.5z^{-1}}{1 - 0.5z^{-1}} = \frac{3(1 - 0.8333z^{-1})}{1 - 0.5z^{-1}} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 零极点匹配法

$D(s)$ 有极点 $p = -5$, 零点 $z = -1$

$$D(z) = \frac{K(z - e^{-T})}{z - e^{5T}} = \frac{K(z - 0.8187)}{z - 0.3679} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{模拟控制器单位阶跃响应终值} \quad \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \frac{5(s+1)}{s+5} \cdot \frac{1}{s} = 1$$

$$\text{令数字控制器 } D(z) \text{ 单位阶跃响应序列终值} = 1, \quad \lim_{z \rightarrow 1} (1 - z^{-1}) \frac{K(z - 0.3679)}{z - 0.3679} \cdot \frac{1}{1 - z^{-1}} = 1$$

$$\text{求出} \quad K = 3.486 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{控制器} \quad D(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{3.486(z - 0.8187)}{z - 0.3679} = \frac{3.486(1 - 0.8187z^{-1})}{1 - 0.3679z^{-1}}$$

$$\text{控制算式: } u(k) = 0.3679u(k-1) + 3.486e(k) - 2.854e(k-1) \quad (2 \text{ 分})$$

七、(20 分) 本题有两个小题。

1. (12 分) 参考图 5 所示, 4 路模拟量输出通道设计方案, 试完成:

- 1) 给出 138 地址译码器输入/输出控制线, 可用地址范围 60H~67H;
- 2) 完善 DAC0832 电路设计, 要求双极性输出; 计算 0B4H、57H 对应的模拟量输出值;
- 3) 完善采样保持电路设计;
- 4) 以 OUT0 为例, 画出 D/A 输出流程图及关键指令。

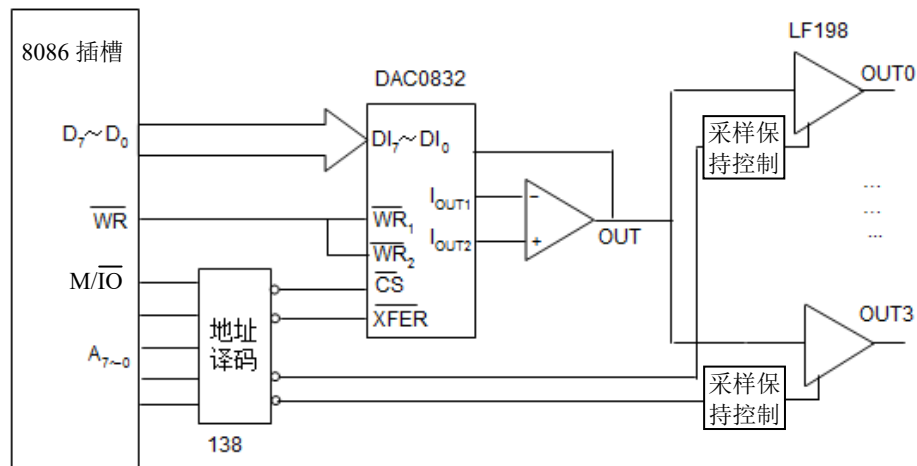


图 5

2. (8 分) 在以上 1 的基础上, 增加 4 路脉冲信号输出电路, 脉冲信号如图 6 示意, 要求输出与计算机隔离, 给出电路设计, 并画出脉冲输出程序流程图。



图 6

附: 部分器件引脚供参考

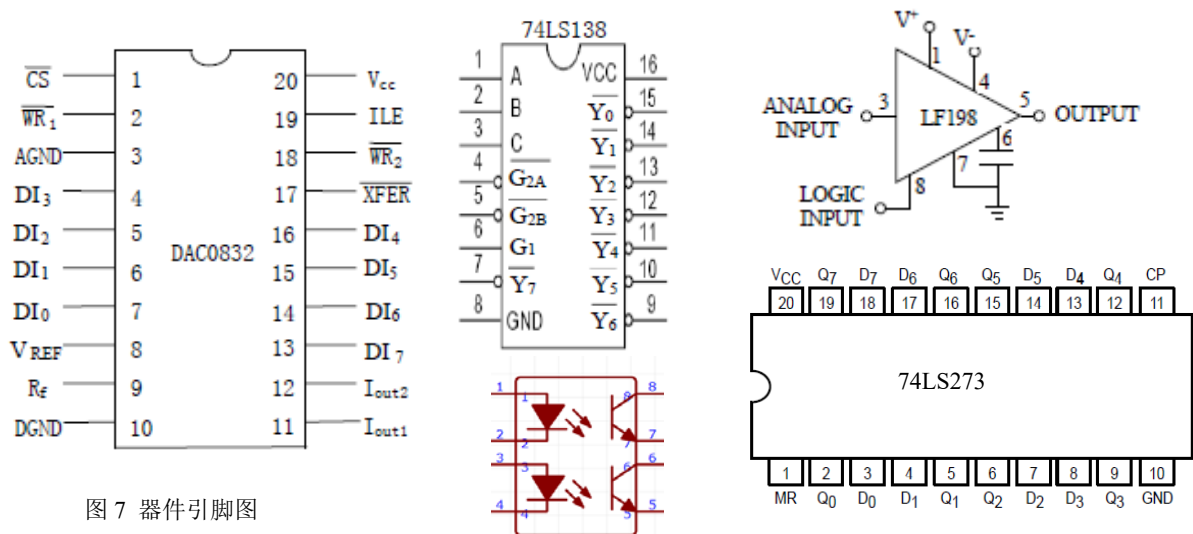


图 7 器件引脚图

解: 1. (12 分)

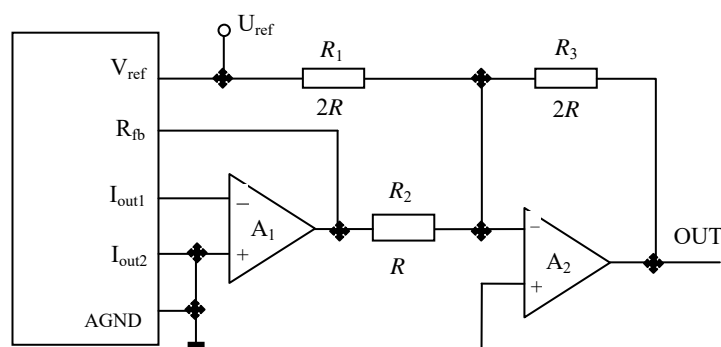
(1) 138 地址译码器输入/输出控制线, 要求地址范围 60H~67H

(4 分)

名称	/G _{2A} M//IO	G ₁ A ₇ A ₅	/G _{2B} A ₆ A ₄ A ₃	C B A A ₂ A ₁ A ₀	138 译码	地址	操作
写缓冲 /CS	0	1 1	0 0 0	0 0 0	60H	/Y ₀	写数据至缓冲寄存器
传 DA 数据 /XFER	M//IO 1 分	<div><div>A₇ A₅</div><div>&</div><div>G₁</div><div>地址分配 1 分→</div><div>A₆ A₄ A₃</div><div>≥1</div><div>/G_{2B}</div><div>138 控制线, 2 分</div></div> <td rowspan="7"></td> <td>0 0 1</td> <td>61H</td> <td>/Y₁</td> <td>传数据至 DA 寄存器</td>		0 0 1	61H	/Y ₁	传数据至 DA 寄存器
选 OUT0	0 1 0			62H	/Y ₂	更新 DA 至 OUT0	
选 OUT1	0 1 1			63H	/Y ₃	更新 DA 至 OUT1	
选 OUT2	1 0 0			64H	/Y ₄	更新 DA 至 OUT2	
选 OUT3	1 0 1			65H	/Y ₅	更新 DA 至 OUT3	
选通 273	1 1 0			66H	/Y ₆	第 2 小题的 I/O 接口	
	1 1 1			67H	/Y ₇		
说明：A ₆ A ₄ A ₃ 经或非门连/G _{2B} ，A ₇ A ₅ 经与门连 G ₁ ，其他直连。M//IO 连/G _{2A} 。							

说明: $A_6 A_4 A_3$ 经或非门连 G_{2B} , $A_7 A_5$ 经与门连 G_1 , 其他直连。M/IO 连 G_{2A} 。

(2) (3 分) 完善 DAC0832 电路设计, 加参考电压 U_{ref} ——(1 分)

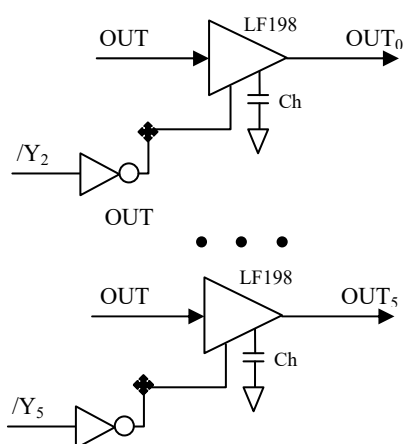


双极性输出——1 分

计算 0B4H、57H 对应的模拟量输出值：0B4H 输出：2.03125V，57H 输出：-1.602V （1 分）

(3) 完善采样保持电路设计 (2 分)

添加 LF198 保持器的保持电容 Ch——（1 分），译码器输出控制加反向器——（1 分）



(4) 以 OUT0 为例，画出 D/A 输出流程图及关键指令。（3 分）

取(OUT ₀) DA数据:	MOV AL, OUT0DATA
----------------------------	------------------

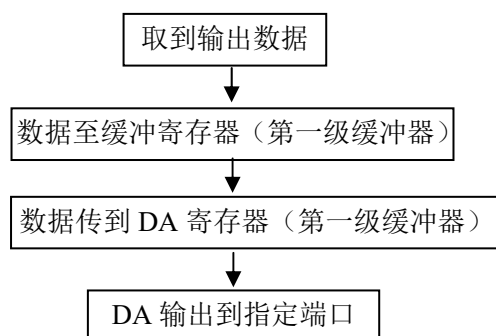
写(OUT₀)数据至缓冲寄存器(/CS有效): OUT 60H, AL

从缓冲传数据至 DA 寄存器 (/XFER 有效): OUT 61H, AL

更新 DAC0832 OUT 至 OUT0 (/Y₂有效): OUT 62H, AL

2 分

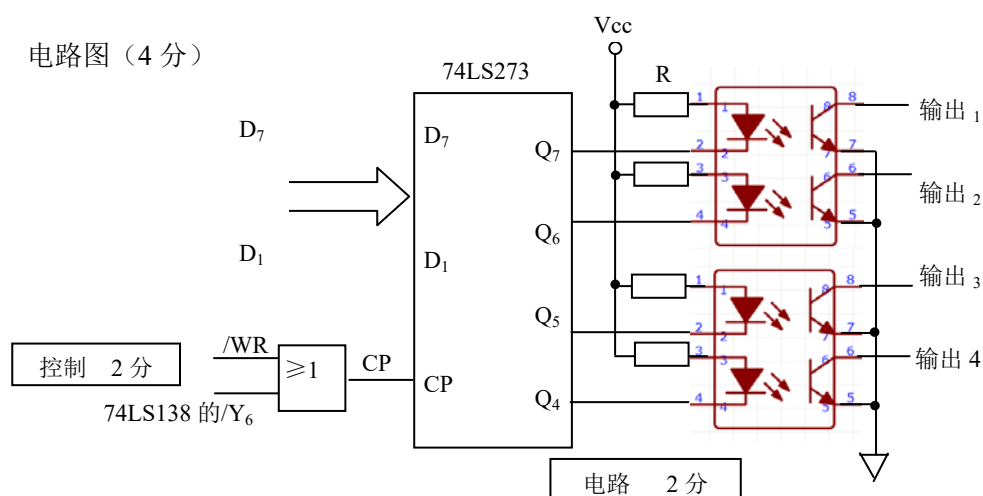
D/A 输出流程图



1 分

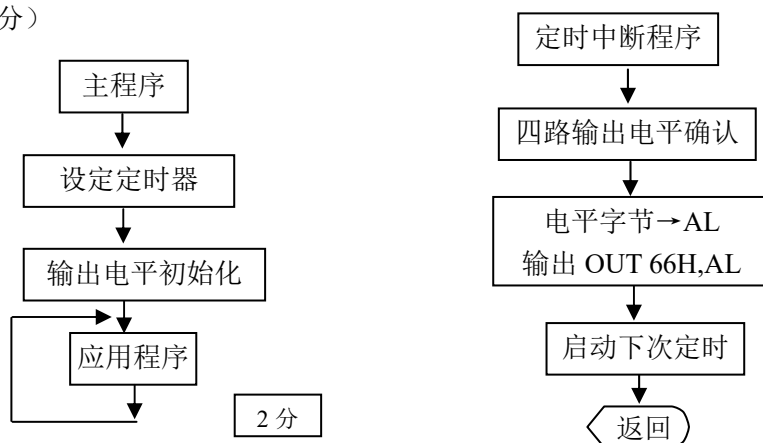
2. 增加 4 路脉冲信号输出电路 (8 分)

电路图 (4 分)



电路 2 分

程序流程图（4分）



2 分

