

ICS-1 控制系统输出电路的研制

曾德铭 柯金锁

〔计算机科学(电脑)系〕

摘 要

ICS-1控制系统可对啤酒发酵罐的发酵过程的温度、压力进行自动检测和调节.本文介绍了研制ICS-1控制系统输出电路的有关问题.

一、前 言

ICS-1是为三明市啤酒厂研制的一个多路工业过程控制系统.它的核心部分是 TMC-80A 微型计算机.为了充分发挥微型计算机的效用,让CPU分时、顺序地检测生产现场各路的被调参数,并对它进行计算、加工处理,得出相应的调节量,再把它发送到相应路的执行机构上,以获得最佳的控制质量.为了安全生产,本系统的执行机构选用气动调节阀,这就要求各调节量是可连续变化的模拟量.所以,采用一个公用的 D/A转换器,分时、顺序地把各个输出调节量转换成为模拟量.

二、输出电路的设计

输出电路的任务是:在分时处理的环境中,把各个调节量正确地传递到相应路的执行机构上,并保证在新的调节量到来之前,使当前的调节量能稳定在给定的范围内.图1给出了实现上述任务的输出电路的原理框图.ICS-1控制系统是对24罐(每罐4路,共96路)的被调参数进行检测与调节,在输出电路的设计中考虑到生产、调试和维护的方便,把每2罐(共8路)的输出电路制作在同一块印刷电路板上,称它为“输出板”.整个ICS-1系统含有12块相同的“输出板”.下面介绍输出电路各部分的设计.

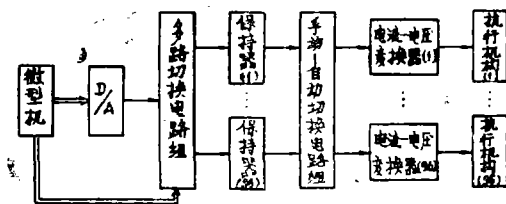


图1 输出电路原理框图

1. 多路切换电路

多路切换电路的功能应该是:在计算机统一控制下,按一定时间顺序把来自计算机输出端口的不同的调节量依次通过多路切换电路送往各对应保持器的输入端.这里选用8通道的模拟量切换开关MC14051作为多路切换电路.其引脚如图2所示.如果把计算机送出的地址

本文1987年6月19日收到.

信号经译码后分别接到MC14051的INH、A、B、C引入端,而把计算机输出的调节量接到Ai端,那么,当计算机执行某一相应的程序段,就能把8个不同的调节量依次地传递到MC14051的0—7输出端之一上。MC14051开关导通的电阻约50Ω。开关的电压传递系数经实测为0.99,近似等于1,满足我们的要求。

2. 保持器

保持器功能是采样来自MC14051输出的调节量,并保持其值不变。以保证在更新调节量之前,气动调节阀的开度不变。我们利用电容器和具有深度负反馈的运算放大器来构成保持器,这里选用集成运算放大器 5G14573 (每片含4个放大器),并把它接成同相输入比例放大器的形式(图3)。同相输入比例放大器的闭环增益近似 $G_{CL} = 1 + (R_2/R_1)$ 。5G14573是CMOS运算放大器,它的最大输出电压、共模输入电压范围与供电电源的值有直接的关系。在ICS-1控制系统中,提供的直流稳压电源为±5V和+12V。选取±5V作为5G14573的供电电源。在输入信号为正电压的情况下,对一定数量的5G14573进行最大输出电压值的测试,测试结果表明,其最大输出电压值为4.8—4.9V,选定最大输出电压值为4.5V。由于把运算放大器接成同相输入比例器的形式,所以对共模电压要求比较严格。这里,共模电压值为

$$V_{ICM} = \frac{1}{2}(V_p + V_n)$$

要求同相输入比例放大器的输入电压信号不得超过运算放大器的最大共模输入电压范围,因为5G14573的输入级是采用两个P沟道耗尽型MOS晶体管组成的差分放大级,并用两个N沟道耗尽型MOS晶体管分别作为它们的有源负载,构成双端输入单端输出的放大结构。若输入电压信号过大,将引起输入级的P沟道MOS晶体管夹断,使输入级处于非正常的工作状态,进而使放大器输出电压达到最大值(极限值),这时放大器输出电压已不能随着输入电压变化而变化,即控制系统已无法实现对该调节参数的控制,这是绝对不允许的。通过实验,选取最大的输入电压为2.25V。为了获得稳定的闭环增益,电阻 R_1 和 R_2 选用金属膜电阻,并先经老化,再进行挑选和配对,使 $R_1 = R_2 = 100k\Omega$,则 $G_{CL} = 2$ 。

电容器C的容量和质量将直接影响着保持器的跟踪性能和保持性能。所以在选取电容器C型号规格时,应综合考虑到电容器的质量、容量、体积和价格等因素。图4给出电容器C充放电过程的近似等效电路图。图4中 $U(t)$ 、 $R(t)$ 可分别表示为

$$U(t) = \begin{cases} E & 0 < t \leq t_s \\ 0 & t_s < t \leq t_g \end{cases} \quad R(t) = \begin{cases} R_{ON} & 0 < t \leq t_s \\ \infty & t_s < t \leq t_g \end{cases}$$

当多路切换开关接通某一路时,则相应的保持器的电容器C就进入充电过程。 $U_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau_s})$, $\tau_s = R_{ON} \cdot C$ 。若要使 U_c 值达到 $0.99E$,则要求 $t_s = 5\tau_s$,假定 $R_{ON} = 100\Omega$, $C = 0.022\mu F$,则 $t_s = 11\mu s$ 。当多路切换开关与某一路断开时,相对应的保持器的电容器C进入放电状态, $U_c(t) = Ee^{-t/\tau_g}$, $\tau_g = R_g C$ 。当 $U_c(t)$ 从稳定值衰减了百分之一,那么, $t = 0.01\tau_g = 0.01R_g C$ 。这里, R_g 为保持电容C的泄漏电阻、开关的漏电阻以及放大器输入阻抗等的并

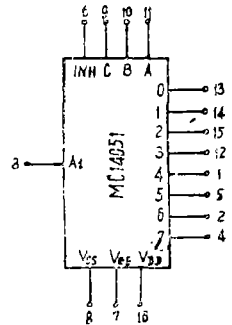


图2 MC14051引脚示意

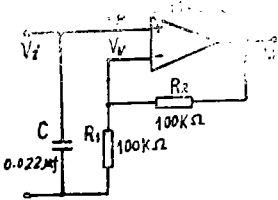


图 3 同相输入比例放大器

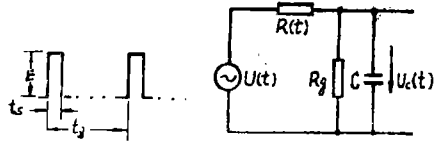


图 4 C 充放电过程的近似等效电路

联等效电阻。假定 $R_g = 10^8 \Omega$ ，那么， $t = 0.01 \times 10^8 \times 0.022 \times 10^{-6} = 220 \text{ms}$ 。

通过以上的分析和计算，选取 CL11-63V-0.022 μ F 涤纶电容作为保持电容，并要求 ICS-1 控制系统每隔 100ms 对每个保持电容器 C 充电一次，充电的时间为 40 μ s。通过实地测量得出，保持器的输出电压值能稳定在理想值的 99% 内，完全满足了系统的要求。

3. 手动-自动切换电路

工业生产过程的控制必须是连续可靠地工作，万一自动控制失灵（或有必要对某些罐进行“手动遥控”），应能转到人工“手动遥控”，即在控制室内手动调节生产现场的气动调节阀的开度，故选用三通道的模拟量开关 MC14053，其引脚如图 5 所示。

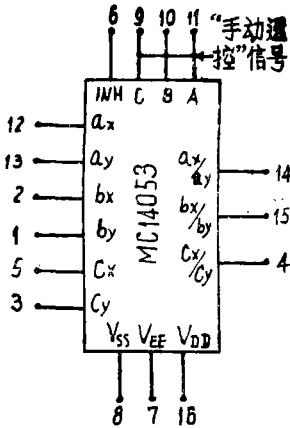


图 5 MC14053 引脚示意图

在图 5 中，INH 引脚应接低电平（即接地）。把自动的调节量 a_x 、 b_x 、 c_x 分别接一组输入引脚 12、2 和 5，而把“手动遥控”的调节量 a_y 、 b_y 和 c_y 分别接另一组输入引脚 13、1 和 3。当引脚 9、10 和 11 为低电平时，三个输出分别为自动的调节量 a_x 、 b_x 和 c_x 。而当引脚 9、10 和 11 为 5V 高电平时，则输出分别为“手动遥控”的调节量 a_y 、 b_y 和 c_y 。经实测，MC14053 的电压传递系数也为 0.99。为了实现人工“手动遥控”操作，在控制台上设有 24 个“手动-自动”转换开关。当需要对某罐进行“手动遥控”时，只要把对应的开关置于“手动”位置，这时便送 +5V 高电平给相应的 MC14053 的 A、B 和 C 引脚上，同时对应的指示灯点亮，转换开关的连接如图 6 所示。“手动遥控”的调节量是通过调整仪表柜上一个对应的多圈线绕电位器来获得。其值 0—20mA 由对应的电流表指示出来。其连接电路如图 7 所示。

示出来。其连接电路如图 7 所示。

4. 电压-电流变换器

本系统采用 QZD1002A 型电-气变换器，当输入为 4—20mA (DC) 时，其输出为 (1.96—

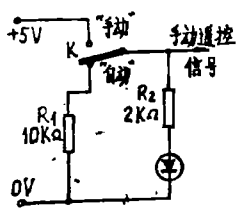


图 6 转换开关的连接

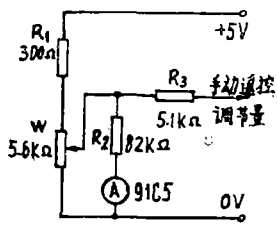


图 7 “手动遥控”调节量

$9.8) \times 10^4 \text{ Pa}$ 的气压。电压-电流变换器的功能是把以电压量表示的调节量变换成相应的电流, 并要求在 $4\text{--}20\text{mA}$ 内呈线性输出, 采用分立元件构成电压-电流变换器, 如图 8 所示。

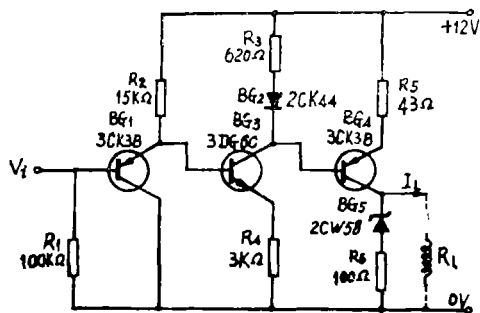


图 8 电压-电流变换电路

由于温度的变化将会引起晶体管参数 V_{be} 、 I_{co} 和 h_{fe} 的变化。因此, 为了使电压-电流变换器对温度有较好的适应性, 我们全部选用老化后的硅三极管和二极管。由图 8 可得到如下的关系式:

$$I_L \approx \left[\frac{(V_i + V_{be1} - V_{be3})R_3}{R_4} + V_d - V_{be4} \right] / R_5$$

其中 V_{be1} 、 V_{be3} 、 V_{be4} 分别为晶体三极管 BG_1 、 BG_3 和 BG_4 基极与发射极间的压降, V_d 为晶体二极管 BG_5 的正向导通压降。若 $V_{be1} = V_{be3}$

$= V_{be4} = V_d$, 那么, $I_L = [R_3/R_4R_5]V_i$, R_3/R_4R_5 称为电导。由上式可见, 负载电流 I_L 与输入电压 V_i 成线性关系, 而与 $+12\text{V}$ 的电源电压无关。经过计算和试验选定: $R_3 = 620\Omega$, $R_4 = 3\text{k}\Omega$, $R_5 = 43\Omega$ (由于各个器件参数的离散性, 在调试时, 可根据实际情况调整电阻器 R_5 的阻值), 则 $I_L \approx 4.8V_i(\text{mA})$ 。当 $V_i = V_{i\max} = 4.5\text{V}$, 则 $I_{L\max} = 21.5\text{mA}$ 。这里负载为电-气转换器的线圈阻抗, 其值 $\leq 250\Omega$ 。晶体三极管 BG_1 作为射极跟随器, 起电位偏移的作用, 稳压二极管 BG_5 起保护作用, 防止因电感性负载的瞬态过压而损坏晶体三极管。

三、结 束 语

ICS-1 控制系统在三明市啤酒厂的生产现场安装和试运行达 10 个月, 输出电路的工作稳定可靠, 较好地满足了生产要求。

参 考 文 献

- [1] 蒋嗣荣等, 计算机控制技术, 西北电讯工程学院出版社, (1985)。
- [2] 秦世才等, 集成运算放大器实用电路, 天津科学技术出版社, (1981)。
- [3] 吕东庚, 多路分时控制系统中的模拟保持技术, 华侨大学学报(自然科学版), 7, 1 (1986)。

Development of Output Circuitry for ICS-1 Control System

Zeng Deming Ke Jinsuo

Abstract

ICS-1 control system was designed for Sanming beer plant in Fujian province. It manifests itself by automated detecting and adjusting the temperature and pressure of beer fermenter.

This paper develops the output circuitry of this system and discusses the relevant problems.