

发酵过程控制器的研制

张 舒 哈药集团制药总厂计算中心(150086)

Abstract

In this paper, according to features of the antibiotic producing process, a supplementing feeder with an analog loop for fermentation process control is designed by using ATMEL single chip micryoco and I²C serial component. Comparing to used enhancement-mode supplementing feeders, an analog loop is added to this device, and the analog signals needing to be controlled for temperature, pressure, PH value and DO, as well as valves needing to be adjusted are added to a single device, thus the integrated level of this system is enhanced. This device can entirely replace DCS by using upper-level-computer software developed by VC.

Keywords: single chip micryoco, I²C serial component, 485 communication, fermentation process

摘 要

本文根据抗菌素生产的特点,利用 ATMEL 单片机和 I²C 串行器件,设计了一种带模拟回路的发酵过程控制补料装置。同以往的增强型补料器相比,该装置增加了模拟回路,将需要控制的温度、压力、PH、DO 等模拟信号及需要调节的阀门等做到了一台设备上,提高了系统的集成度。通过用 VC 编制的上位机软件,完全可以代替 DCS。

关键词: 单片机, I²C 及串行器件, 485 通讯, 发酵过程

关于增强型补料器的工作原理及补料的重要性,见文献[1],这里就不再阐述。因为抗菌素发酵过程是一个生化过程,需要不断的向发酵罐中补充一定的营养液,用于菌种的生长。还需要给菌种提供一个生长环境,即所说的物理参数(温度、压力、流量、PH、溶解氧等)。众所周知,生化过程是一个不可逆过程,这就是说所有的控制参数必须控制得非常精确,一旦参数超出规定的限制,就可能造成菌种的死亡,那将对生产造成极大的影响。近年来,通过对一些抗菌素发酵过程的研究表明,补料过程的控制精度及物理参数的控制精度将直接影响抗菌素的生产水平。在抗生素的生产过程中,如何保证工艺曲线的正确性,是我们多年来研究的目标。基于以上原因我们在原增强型补料控制器的基础上,又加上了 A/D、D/A。这样一台控制器正好控制一个发酵罐,控制配置合理,不会因一台控制器的故障而影响其它的发酵罐。由于它具有 RS485 接口,可以与上位机通讯,因此开发起来非常方便,用 VC、VB 均可开发其上为机软件,并可以连接上位机数据库,对将来专家系统的开发有着重要的意义。

1 系统工作原理

由于在系统中加入了模拟回路,本系统采用了双 CPU,主 CPU 采用 AT89C52,它是一种高性能的嵌入式单片机,主要完成补料和与上位机通讯的功能。从 CPU 采用 AT89C4051,它主要完成 A/D、D/A 的功能。两个 CPU 之间用串行总线连接。它的指令系统与 MCS51 系列单片机完全兼,其内部都有 2 个可由用户编程的定时器,256RAM 存贮器和 Flash 程序存贮器。在不需要扩展的情况下均可以独立工作,这与以往的 51 系列单片机有着质的区别,它减少了不必要的硬件扩展,使得硬件连线更少,系统更加可靠。他们的 I/O 端口均向用户开放,为我们开发接口电路提供了极大的方便。ATMEL 系列单片机的最高时钟频率可达 24M 或更高,这就有时间去执行更多、更复杂的任务。

发酵过程控制器的基本任务分为两个部分:一是控制补料阀门实现具体的补料操作并统计补料数量,见文献[1]。二是模拟量的采集与控制,采集的模拟量有罐顶压力、溶解氧、空气流量、整体料液重量等,控制参数有温度、PH 等。对于生物发酵来讲,控制参数要求是非常严格的,它是一个生化反应,是不可逆

的,一旦失控,将给生产造成极大的影响。由于抗生素发酵是一个放热和产酸的过程,因此它的控制也是单边的,既只能控制冷却水和氨水,另外它还是一个大惯性系统(一个发酵罐 100 m³)这就更是增加了控制难度,我们通过不断努力及特殊算法使得温度控制精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,PH ± 0.1 ,达到了工艺要求。另外将所有的采集,控制参数均存入上位机数据库,以备将来的网络连接及数据分析。

2 系统结构

根据发酵过程控制器所要完成的任务,并总结以往设计补料器的成功经验我们采用了如图所示的电气结构。

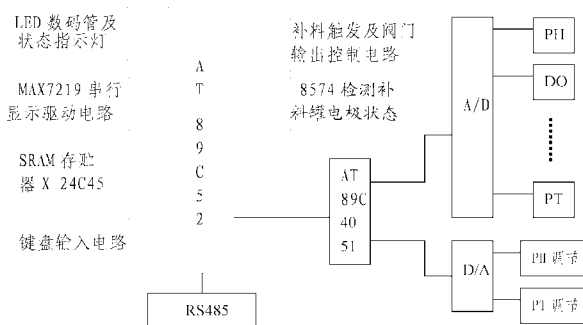


图 1 发酵过程控制器原理框图

上图中是一个双 CPU 系统,AT89C52 单片机是系统的核心,它通过 I²C 总线和 I/O 口线控制整个系统的工作,通过 RS485 与上位机通讯。AT89C4051 是专门用于 A/D、D/A 的采集,它与 AT89C52 采用 TTL 电平通讯,所有的采集数据均存入 X24C45 中。

MAX7219 是显示驱动模块,它控制着发酵过程控制器的所有控制参数。主要包括 5 个 LED 数码管用来显示各补料回路的参数与报警;各控制回路的控制参数与检测参数等;15 个 LED 指示灯,用来指示各补料阀门及相关计量罐电极和发酵罐液位电极的状态。

X24C45 是一片串行 SRAM 存储器,内部含有 SRAM 和 E²PROM。上电时数据可自动从 E²PROM 调到 SRAM 中;

X24C45 还具有自动存储特性,即系统正常工作时,数据放在 SRAM 中,掉电时数据自动保存到 E²PROM 中。我们通过 X24C45 来记录各个补料通道的补料速、出料阀定时时间常数、累补料总量、A/D、D/A 等参数。

PCF8574 是一种 I²C 串行器件,它可完成 8 路 I/O 操作。系统中使用的 PCF8574,主要用来检测经过调制的计量罐液位电极信号和发酵罐液位电极信号。需要说明的是,在将电极信号供给 8574 前要进行必要的调制和放大,为防止计量罐的液位电极因长期加电而电渡受损,可在电极上加一个高频的交变振荡信号。为提高补料精度,我们将各计量罐的电极信号作为入阀的锁定信号(这是通过硬件实现的),只要电极接通入料阀就会自动关闭。

为使发酵过程控制器可作为 DCS 的一个执行单元,我们为其设计了 R485 的通讯功能,即发酵过程控制器的所有 I/O、A/D、D/A 控制与采集量均可通过 RS485 与上位机进行通讯,这样就可以利用上位机的强大功能对发酵过程控制器的所有参数进行采集和存储,以备将来的数据分析和专家系统的利用。为提高系统的可靠性和驱动能力,我们采用固体继电器来控制电磁阀,这样可大大减轻负载对单片机 I/O 口的压力。

由于 AT89C52、AT89C4051 均属于 MCS51 系列单片机,所不同的是它们内部均有 Flash 程序存储器,从根本上避免了因程序扩展而耗费的器件。特别是串行器件的大量涌现,使我们进行单片机 I/O、A/D、D/A 扩展时有大量的芯片可选。这样一来我们所设计的发酵过程控制器,在器件使用上与原来的增强型补料控制器一样,而其功能完全达到原来的 DCS+补料器的功能,可以完全取消 DCS,达到一台发酵罐一台发酵过程控制器,使得系统的故障率降到最低。

3 主要串行器件的使用技巧

1) MAX7219 增加闪烁功能见文献[1]。

2) 串行 X24C45 的使用: X24C45 是 Xicor 公司生产的串行 SRAM,它兼顾了 E²PROM 的掉电数据不丢失和 SRAM 的数据存储快的优点,而且不受写入次数的限制。但它不提供“看门狗”功能,因此我们在硬件电路上设计了一个“看门狗”电路,使得整个系统运行更加可靠。

3) I²C 器件 PCF8574 的自动默识,见文献[1]。

4) 串行 A/D TLC2543 的应用: TLC2543 是 12 位开关电容逐次逼近模数转换器,它可以通过一个串行的 3 态输出端与主处理器或其外围的串行口通讯,自动采样-保持,它有 11 个外部模拟输入通道,3 路内置自测试方式。由于它采用的是串行

接口,使得与 TA89C4051 连接成为可能。我们在其输入端加了钳位电路(TL7726),是其工作更加可靠。

5) 串行 D/A: TLC5620 是带有缓冲基准输入端(高阻抗)的四路 8 位电压输出数字-模拟转换器(DAC)。DAC 输出电压范围为一倍或二倍基准电压(对 GND),且 DAC 是单调变化的。器件使用简单,用单 5V 电源工作。器件包含上电复位功能以确保可重复启动。通过简单的 3 线串行总线可与所有常用的微处理器和微控制器器件接口。

4 软件设计

发酵过程控制器的软件设计包括以下内容:

1) 系统初始化: 系统初始化要完成包括 AT89C52、AT89C4051 单片机的工作方式、MAX7219、X24C45、PCF8574、TLC2543、TLC5620 等芯片的初始状态设置等内容。此后还要获取前一次系统的工作数据,进而开展新的任务。

2) 主程序及定时中断程序: 由于本系统采用的是双 CPU 系统,主程序可分为两个部分:

主 CPU(AT89C52)的主程序由键盘扫描、显示更新、补料计时、补料操作、补料报警、通讯等模块组成。定时器 T0 中断服务程序用来实现系统的计时任务。

从 CPU(AT89C4051)的主要任务是模拟量的采集与控制,将采集与控制量上传给主 CPU,用于主 CPU 的显示和与上位机的通讯。

3) 单一通道的补料计时程序、补料程序、补料报警程序等框图,见文献[1],基本一样,只是将外部触发补料改为上位机通讯。

4) 单一通道的 A/D 采集程序框图如图 2 所示。

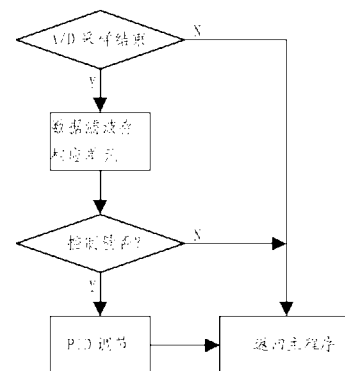


图 2 单一回路 A/D、D/A 程序框图

5 结束语

此发酵过程控制器在哈药集团制药总厂的 110 青霉素生产车间、河北制药集团、福州抗生素厂得广泛的应用,通过近两年的应用,系统运行可靠,故障率低,各种控制参数均达到设计要求。

参考文献

1 朗建军. 发酵过程增强型补料控制器研制. 工业控制计算机, 2003(3)

[收稿日期: 2003.10.14]