

高精度采集称重主控仪表的设计

杨 崑, 蔡建立

(厦门大学自动化系 福建 厦门 361005)

【摘要】: 设计了一种高精度采集称重主控仪表。该仪表采用 24 位高精度串行 A/D 转换器 CS5532, 极大提高了数据采集精度; 合理的算法设计, 保证了数据采集和处理的速度与精度要求; 此外, "自学习" 模式运用分程控制方法, 可自动探求出最优的参数配置, 实现了仪表智能化。

【关键词】: 高精度; CS5532; 分程控制

1、前言

随着生活质量的不断提高与电子技术应用的日益广泛, 社会大众对食品包装设备的智能性和安全性提出了更高的要求。一方面, 业者希望食品包装设备满足多功能、高效率、低功耗的优点; 另一方面, 消费者要求食品包装过程全自动完成, 避免人工污染。因此, 笔者设计了一种高精度采集称重主控仪表, 该仪表采集模块是基于 24 位 $\Delta-\Sigma$ 型串行 CS5532 A/D 转换器的硬件设计; 工序控制采用分程控制理论的算法设计, 保证了目标数据采集的精度和速度。

该主控仪表满足功能和技术指标、可靠性要求、操作与维护性和性价比高的设计原则, 可适用于各种中小类食品, 目前已投入使用。

2、主控仪表整体架构

本文设计的高精度采集称重主控仪表主要由单片机模块、开关电源模块、称重采集模块、人机界面模块、打印模块和通讯模块组成, 如图 1 所示。

称重传感器得到的称重信号在滤波、放大之后送至 A/D 转换电路, 再由单片机进行处理、记录, 经过译码后最后送到显示屏实时显示。执行机构包括一系列控制加料的电机、传送带和称量漏斗等。仪表能通过通讯串口与上位机实时数据传输, 此外, 过程数据可根据用户需求长期保存在备份储存器内, 以备外接热转印打印机打印。

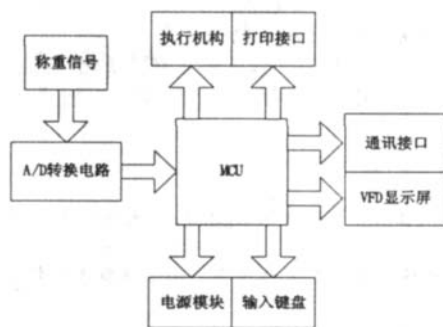


图 1 主控仪表整体框图

3、主控仪表工序集成控制

3.1 误差分析

仪表的可能误差主要有: 采集模块的采样精度和采样速度; 放料完毕残留在称重料斗的物料; 执行机构的延时误差; 物料下料时的冲击力; 关闭加料门后空中的物料。

其中前两种可能误差可以由藉由提高 A/D 采集模块的精度来完善, 而其余的误差必须通过设定合适的控制参数来规避与修正。在本仪表中, 控制参数主要包括加料提前量和避冲时间等, 可以根据用户经验设定或通过系统自学习模式探取最佳参数组合。

3.2 加料提前量与避冲时间

引入粗/细加料提前量是为了保证称重仪表的加料速度与

精度。提前量是目标重量与实际重量的差值, 若目标重量为 3kg, 粗加料提前量设为 1kg, 则物料快加至重量为 2kg 时转变为细加料方式, 实现了两种加料方式的切换。

在加料过程中物料产生的冲击力是影响称重精度的一个重要因素。当粗加料开始时, 物料对漏斗的冲击力最大, 容易超出量程, 因此可以设定避冲时间来规避这段时间内的重量称量, 待冲击力稳定或减小至可允许状态下再继续称量。

3.3 自学习模式

自学习模式是一种初级的人工智能专家系统——具有大量的专门知识与经验的程序系统, 能对决策的过程作出解释, 并有学习功能, 即能自动增长解决问题所需的知识。自学习模式采用分程控制理论, 经过多组的操作模拟, 智能判断出最优化的控制参数配合并进行记录, 作为经验参数。

分程控制系统是由一个控制器的输出信号分段去控制两个以上执行器, 并根据输出结果对执行器参数进行修正的系统^[1]。在本系统中, 给定系统目标重量, 设定初始粗/细加料提前量与避冲时间, 控制器为传感器测得重量, 执行器分别为粗/细加料阀门, 根据输出重量的精确程度, 反馈控制设定值, 如图 2 所示。具体控制方法为: 若测量值与目标值绝对值误差达 1% 以上, 则控制器根据误差方向以 0.01kg 为单位自行修正加料提前量, 直到测量误差在 1% 的允许范围之内。



图 2 分程控制系统示意图

4、主控仪表硬件采集模块

本设计模数转换芯片采用 Cirrus Logic 公司的低噪声 24 位 $\Delta-\Sigma$ 型 A/D 转换器 CS5532 接口芯片, 称重传感器选用中航电测公司的 L6H5 平行梁结构的压力传感器。

CS5532 接口芯片测量精度高, 动态特性宽, 且差动输入端可以直接测量来自传感器的毫伏信号, 简化了与外围电路的连接^[2]。如图 3, CS5532 需要外接 4.9125MHz 的晶振, 增益放大器电容 C1 和 C2 之间接 22nF 的电容 C4, 通道一和参考电压经过多级 RC 滤波电路输入。单片机的 P1.3 口控制 CS5532 的片选端(CS), P1.2、P1.1 和 P1.0 口分别与串行通讯的三根线(SDI, SDO, SCLK)连接, 实现单片机与 A/D 转换芯片的命令数据传输^[3]。

压力传感器的连接方法是红输入(+)接称重采集模块的 V+, 蓝反馈(+)接 VS+, 白输出(-)接 IN-, 棕反馈(-)接 VS-, 黑输入(-)接 V-, 绿输出(+)接 IN+, 屏蔽接 GND。由于采用压力传感器平行梁结构, 因此不同传感器之间需要串联^[4]。

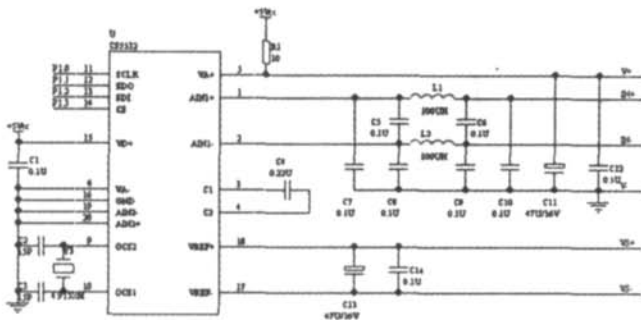


图3 称重采集模块电路图

5、主控仪表程序设计

主控仪表的程序设计思想是采用控制空罐到位和物料到量两条并行同步的流水线,实现了包装效率与包装精度的统一。在操作工序上,操作人员须设定班号与物料的类型、最优的称重提前量与缓冲时间,使用粗加料和细加料两级加料方式,加料入罐后,在显示屏上显示实际重量,计数自动累加并进入下一道加料工序,如图4。

称重采集处理是仪表精确度与准确度的关键,其主要功能模块分为:数据采集、数据处理和数据显示。

5.1 数据采集

A/D 数据的采集由 CS5532 模块完成,包括 CS5532 的初始化和启动转化。由于 CS5532 没有提供系统上电自动复位功能,必须先对 CS5532 串口初始化和系统复位,完成后再设置通道寄存器和结构寄存器,最后执行转换指令后就可以从 SDO 口读出转换值。A/D 转换命令为 C0H (1100000B),写入转换命令后,CS5532 开始连续进行 A/D 转换。

本文介绍 CS5532 的启动转换程序:

```
void cs5532_convert()
{
    while(ADDO)
    {
        _nop_(); //转换结束,ADDO 置零
    }
    ADdelay(4);
    cs5532_read(dat);
}
```

5.2 数据处理与显示

A/D 数据处理与显示需满足仪表准确度、精度和速度的要求。数据处理主要包括零点追踪、滤波处理、分格度显示和重量换算;数据显示程序形成模块化,方便同类仪表移植。

由于在每次加料和放料后,下料冲力的影响以及物料可能粘于斗壁,导致称量零点漂移。修正办法为在设定的零位追踪范围内,当称量重量的维持时间超过零位追踪时间的时候,将重量清零,也就是重新修正零点内码和标定内码。

滤波处理采用递推平均滤波法,取一队列存放 N 个最近的历史内码数据(N 为用户设定的滤波参数),将新测量的结果放入

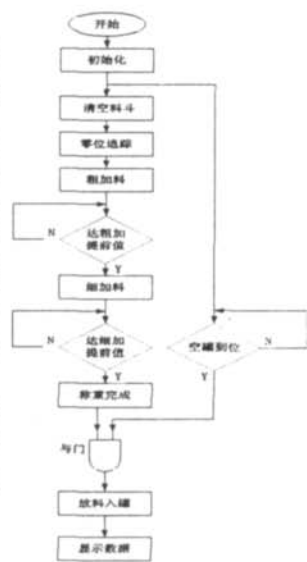


图4 主程序框图

队列,去掉队首的数据。该滤波模型平滑度高,对周期性干扰有良好的抑制作用。如公式 1 所示。其中 y(k)为第 k 次滤波输出值,x(k-i)为依次向前递推 i 次的采样值,N 为递推平均项数。

$$y(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x(k-i)$$

式 1 递推平均滤波法

分格度是数值末位的跳变方式,处理方法是根据小数点位数将重量数值放大至无小数状态,将放大后的数值存放在一个整型数中,把这个整型数减掉这个数与分格度的模即可。

因为标定重量与实际重量之间呈现一种线性关系,因此标定单位重量后,将滤波后的 24 位 A/D 内码代入下列公式 2,即可换算出实际重量。

$$\text{重量} = \frac{\text{采集的AD内码} - \text{零点内码}}{\text{标定内码} - \text{零点内码}} \times \text{标定重量}$$

式 2 称重重量表达式

6、实测数据分析

设定目标重量 3kg,快加提前量 1.6kg,慢加提前量 0.4kg,称量 20 次,记录耗时和称量值,如表 1。

| 次数 | 重量值(kg) | 耗时(s) | 次数 | 重量值(kg) | 耗时(s) |
|----|---------|-------|----|---------|-------|
| 1 | 3.001 | 2.7 | 11 | 2.998 | 2.8 |
| 2 | 3.001 | 2.7 | 12 | 3.000 | 2.8 |
| 3 | 3.002 | 2.9 | 13 | 3.001 | 2.8 |
| 4 | 2.998 | 2.9 | 14 | 3.002 | 2.9 |
| 5 | 3.000 | 2.9 | 15 | 3.000 | 2.8 |
| 6 | 3.000 | 3.0 | 16 | 3.001 | 2.9 |
| 7 | 2.998 | 3.0 | 17 | 2.998 | 2.8 |
| 8 | 2.999 | 3.0 | 18 | 3.003 | 2.9 |
| 9 | 2.998 | 2.9 | 19 | 3.001 | 2.9 |
| 10 | 2.999 | 3.1 | 20 | 2.998 | 3.2 |

表 1 包装系统实测数据

由称量结果知,误差范围在 3g 之内,误差率小于 0.1%,且加料速度较快,保证 1000 罐/时的包装速度,实现了称量结果准确度、精度和速度的有机统一。该主控仪表后续加入添汤、封口和贴标等设备,即可作为一台完整的自动定量称重包装系统,稳定投入生产。

7、结束语

采用高精度 A/D 转换器 CS5532 模块,运用分程控制理论与合理的工序算法,设计了一种精确度高、兼容性强、界面友好的高精度采集称重主控仪表。该仪表具有模块化、智能化、定制化的特点,可广泛应用于罐头等食品的包装工艺中,具有广阔的市场前景。

参考文献:

1. 李亚芬,邵诚.过程控制系统及仪表[M].大连:大连理工大学出版社,2006.
2. 高明.24 位模数转换器 CS5532 及其应用[J].仪表技术与传感器,2002(7):40-46.
3. CS5532 data sheet[Z].
4. 苗丽霞.浅析惠斯登电桥在称重传感器中的应用[J].甘肃冶金,2004(4):52-54.
5. 徐爱钧,彭爱华.单片机高级语言 C51 应用程序设计[M].北京:北京工业出版社,1999.
6. 张宏军,张涛,王超.智能仪器仪表[M].北京:清华大学出版社,2007