

自动气象站数据采集系统的传感器接口

陶 伟*, 姚振东

(成都信息工程学院电子工程系, 四川 成都 610225)

摘要: 自动气象站观测系统在气象领域中应用广泛, 数据采集器是系统中的关键部件, 改进了低功耗、多功能、多通道、智能化控制等性能。传感器接口包括 DAC 实现的可调恒压源和可调恒流源、稳压二极管实现的前端保护、多路模拟开关实现的通道控制和测量类型控制、精密线性光耦合器实现的隔离电路、DAC 和仪表放大器实现的增益控制等硬件部件。设计单片机程序实现电路的各种控制及要求功能。经制板、调试, 该数据采集器能正常运行。

关 键 词: 数据采集; 增益控制; 差分模式; 动态范围; 模拟开关

中图分类号: TP368.1

文献标识码: A

1 引言

自动气象站观测系统是先通过传感器把风、温、湿、气压、太阳辐射、降雨等气象要素的天气物理现象变成电信号, 然后由测量电路对电信号转换处理变成相关的气象数据, 并由存储器对观测数据记录, 最后由通讯电路负责完成观测数据的传输, 上传到上位机, 最后以这些数据为资料, 进行应用和服务。自动气象站观测系统在气象领域中应用广泛, 其数据采集器是核心部分, 关系到数据的可信度。

目前, 国内一般使用 8 位 51 系列单片机作为微处理器(CPU), 由于 8 位单片机精度低、功耗大、处理速度慢, 而且存在不能在线调试等诸多不便, 因此有必要采用一种新的、基于 MSP430 微控制器的系统设计方案, 这种新方案可实现数据采集器的低功耗、多功能、多通道、智能化控制。

2 方案确定

从功能、指标、性价比、方便实用等方面考虑, 选择一种较为合适的方案, 进行电路设计。

2.1 系统功能分析及基本原理方块图形成

由于传感器输出的信号有同轴电缆传输的单端电压信号、双绞线传输的平衡差分电压信号, 还有电流环传输的电流信号以及阻性传感器输出的电阻大小等电与非电信号, 所以, 系统必须能够采集电压、电流等电信号以及电阻等非电信号, 如图 1 所示。

根据所需传感器个数, 需要 8 个模拟通道。一个模拟通道可以采集两个单端输入的电压信号或电流信号, 或一个双端输入的差分电压信号, 或实现三线制、四线制热电阻的测量等。要求通道配置灵活, 以适合于实际测量的需要。

实现自动采集, 可以分时地对各路信号进行采集, 应设计通道控制模块完成此功能。

要对各种信号进行采集, 考虑到不同的类型和不同的信号强度, 要对每个信号作不同的处理。控制相同种类的信号进入同一个信号处理通道, 这样不同种类的信号需要不同的信号处理通道。应设计测量类型控制模块完成此功能。

对较微弱信号要有较大的通道增益, 对较强的信号则给予较小的增益或衰减(负增益)。应设计信号增益控制模块完成此功能。

除了带变送器的以外, 其它传感器需要激励。不同的传感器需要不同类型的激励, 所以需要设计电压可调的恒压源、电流可调的恒流源。

综上所述, 整个系统原理如图 2 所示。根据接入通道的第一个传感器所需要的激励源类型以及值的大小, 控

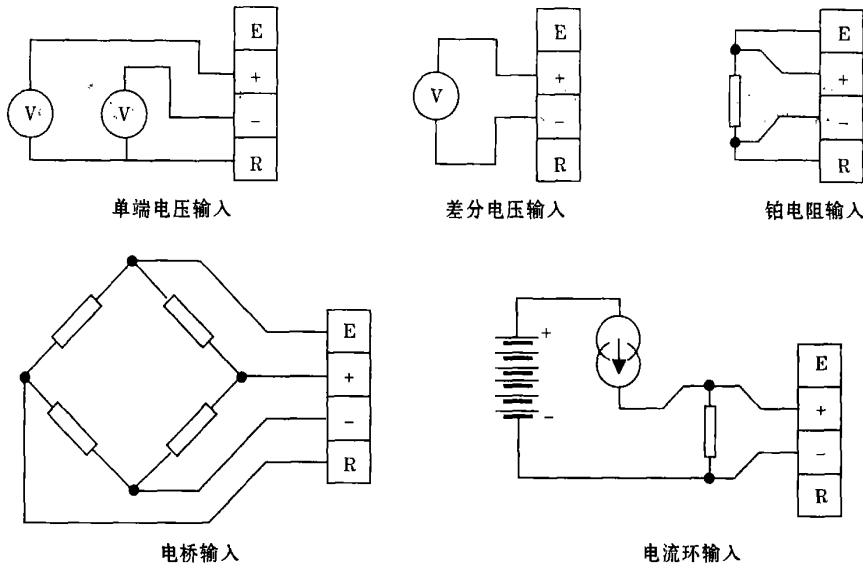


图 1 采集信号示意图

制电压可调恒压源(或电流可调恒流源)输出所需要的值,然后通过开关选择输出到“E”。再通过多路模拟开关,选择第一个通道的“+”与“-”,让信号输入到后级,再通过测量类型的控制,对不同的类型进行不同的处理。再进入放大模块,通过增益控制器来控制放大倍数,把模拟量送到 A/D,进行模数转换,送到单片机。单片机根据得到的数字量和当前放大倍数,可计算出输入模拟量的大小。再进行下一个通道的采集,如此循环。当采集几帧数据后,再进行数据分析,把偏差很大的数据剔除掉,其它数据进行平均。通过通讯电路,把数据送到主处理器(上位机)。

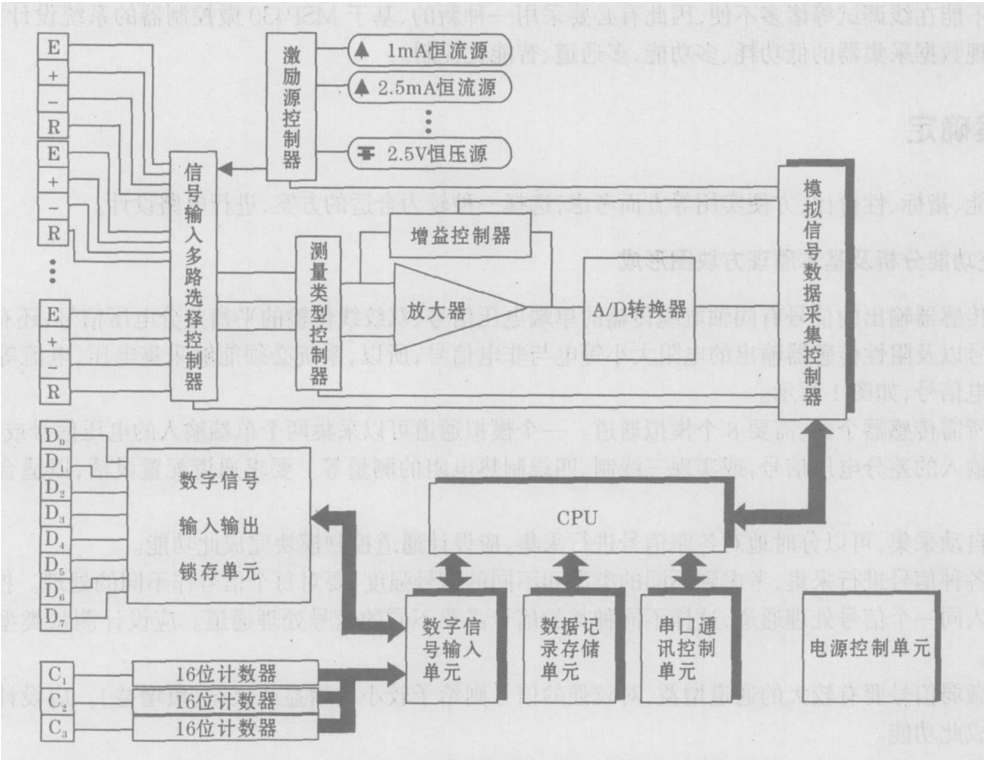


图 2 系统原理方块图

2.2 系统指标拟定

多数传感器的输出电压值小于 6V, 所以把模拟通道电压的输入范围确定 0V ~ 6V; 根据传感器的电流输出,

确定范围为 0.25mA ~ 30mA; 根据传感器的电阻输出值, 确定范围为 40Ω ~ 200Ω。根据待测参数、测量范围, 初步拟定分辨率与准确度指标, 见表 1、表 2、表 3。

表 1 电压采集精度				
电压	测量范围	分辨率	准确度(25℃)	准确度(−20℃~70℃)
5V	2.5~6V	0.28mV	±0.26%	±0.31%
2.5V	0.3~3V	130μV	±0.06%	±0.16%
250mV	30~300mV	13μV	±0.06%	±0.17%
25mV	25~30mV	1.3μV	±0.06%	±0.16%

表 2 电阻采集精度				
电阻	测量范围	分辨率	准确度(25℃)	准确度(−20℃~70℃)
100Ω	40~200Ω	0.02Ω	±0.12%	±0.20%

表 3 电流采集精度				
电流	测量范围	分辨率	准确度(25℃)	准确度(−20℃~70℃)
25mA	3~30mA	1.3μA	±0.16%	±0.25%
2.5mA	0.3~3mA	0.13μA	±0.16%	±0.26%
0.25mA	0.25~0.3mA	0.013μA	±0.16%	±0.25%

另外, 对于激励源的指标, 传感器最典型的电压激励源为 4.5V, 电流激励源为 250μA 或 2.5mA; 由于还有一些特殊的传感器用另外的激励值, 所以设计成可调的恒压源与可调的恒流源。可调恒压源输出的电压值的范围是 0V ~ 5V, 可调恒流源输出的电流值为 0mA ~ 10mA, 这样可以满足要求。

3 电路设计

3.1 主控制器选用

主控制器使用 TI 公司的 MSP430F149。该 MCU 为 16 位器件, 具有低功耗、高性能、片内 ADC、事件管理等资源多、可在片仿真调试等特点, 比 51 系列具有更高的性价比。设计中模拟输入使用的 ADC 及全部 I/O 控制均直接使用 MSP430F149 的片上资源实现。主控制器由其他人员设计, 不再赘述。

3.2 激励源模块

用 DAC 实现可调恒压源和可调恒流源, 如图 3 所示。通过改变 DAC 输入的数字量(MSP430 控制输出)来改变输出的电压值, 达到可调的目的。可调恒压源由低失调、低噪声、低漂移运放驱动输出。

可调恒流源首先实现可调恒压源, 然后通过经典运放压流转换电路将电压转换为电流输出。压流转换电路中电流取样电阻设置在反馈回路中, 因电流达 10mA 量级, 故电阻取值应较低为佳, 且功率容限应取得较大, 以避免过热损坏。

MSP430 根据传感器所需要的激励类型, 通过多路开关选择输出恒压激励源和恒流激励源。由于试用常规模拟开关, 恒流激励源的输出电流不宜过大。在大电流情况下, 用线性光电耦合电路输出恒流激励源, 这是输出端口设计成固定方式。如果需要可配置性能, 则可使用具有关断功能的运放作为线性光耦电路的输出驱动即可, 但这样会增加成本。

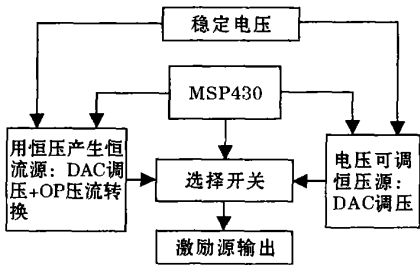


图 3 激励源原理图

3.3 前端电路及隔离保护

自动气象站所处的环境相对恶劣。必须考虑雷电和噪声对观测系统的袭击。其中包括: 雷电对电源的影响、对通讯线路的影响、电磁干扰对传感检测变送电路的影响等。为保护后级设备、保证测量结果的有效性, 数据采集电路与传感检测变送电路必须做到严格的电气隔离。由于是模拟信号, 隔离电路应具有较高的精度, 电路的成

本和体积也要符合工程需要。需说明的是,主控制器的数字 I/O 已经过光耦隔离。

3.3.1 高精度线性光耦隔离电路

如图 4 所示,驱动及输出均采用输出电流达 40mA 的单电源运放 LM358。输入由线性光耦组成负反馈电路,保证电流传输的线性度。输出则通过同性能的光电管将光变成电流,再通过电阻转换为电压,用电压跟随器输出。

为了克服运放的输入失调电压,采用双运放组合放大器。利用双运放同片集成具有失调电压近似相等的特点,使组合运放的失调电压互相抵消而近似为零。

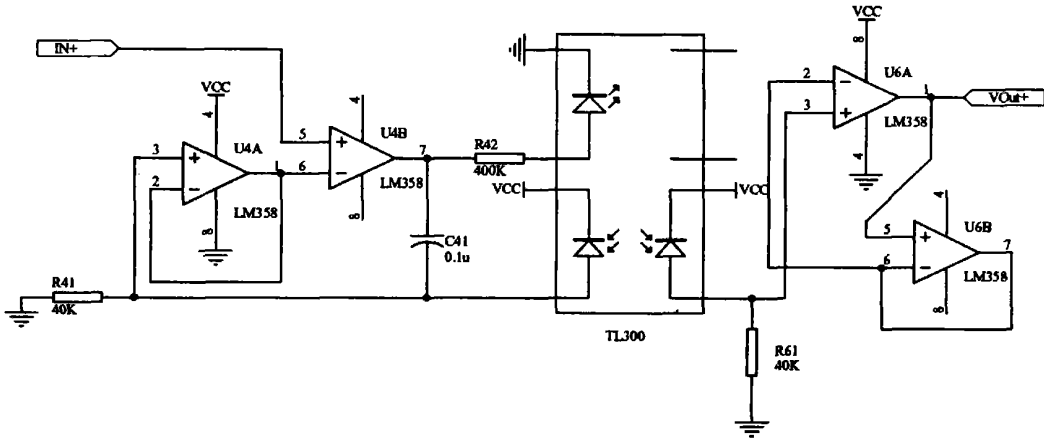


图 4 高精度线性光耦隔离电路

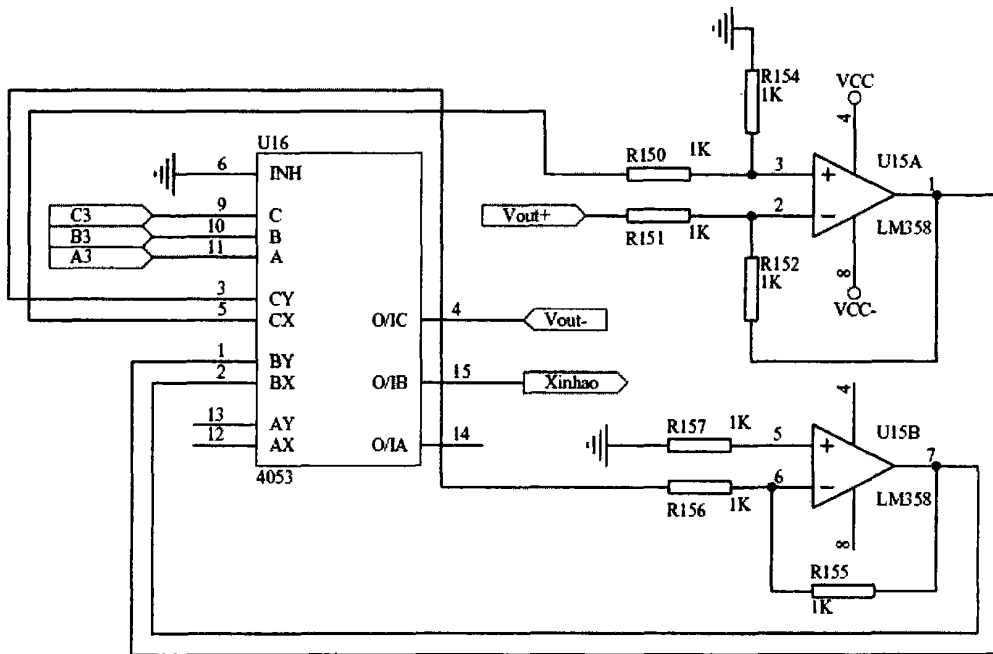


图 5 差分单端,单端选择电路

3.3.2 前端电路

系统共有 8 个接口,如果单独隔离会增加系统的复杂度,也会增加成本。所以,采用两个用数字信号控制的 8 选 1 的多路模拟开关,选择信号进入通道,再对差分或单端信号分别进行隔离。

而光隔前端电路则采取简单的稳压二极管构成限幅器实现过压保护。

系统电流信号用电阻采样,变成电压信号。传感器输出电阻取值在 $40\Omega \sim 200\Omega$ 之间,为了接口的通用性,采样电阻应与此相近,另外,传感器的供电不应该在传感器输出端形成高压。综合考虑,传感器输出电阻取 100Ω 。

传感器输出电阻信号的采样按经典电路实现。

3.4 差分处理

每路输入可以是差分或单端信号,既要完成差分处理还要能实现两路单端信号的处理。图5电路实现差分-单端转换或两路单端输入选择1路输出的功能。

3.5 增益模块

用DAC作为数控衰减网络,用仪表放大器作为增益级,实现可变增益控制。将DAC倒置使用: DAC的输出端 I_{out1} 作为输入, I_{out2} 接地,输入端 V_{ref} 作为输出,数字输入端不变。这样DAC构成了一个数控分压器——衰减器。衰减系数为 $\frac{D}{256}$, D 为8位输入数字量。DAC必须使用四象限乘法模数转换器。

3.6 电源

考虑效率,选用开关电源模块LM2576首次稳压,再用低压差线性稳压器二次稳压。这样功耗最小、纹波也较小,并且耐冲击能力极强,适合野外环境。

4 程序设计

软件部分主要完成通道控制、增益控制以及产生激励源等功能,用C语言编程,流程如图6所示。

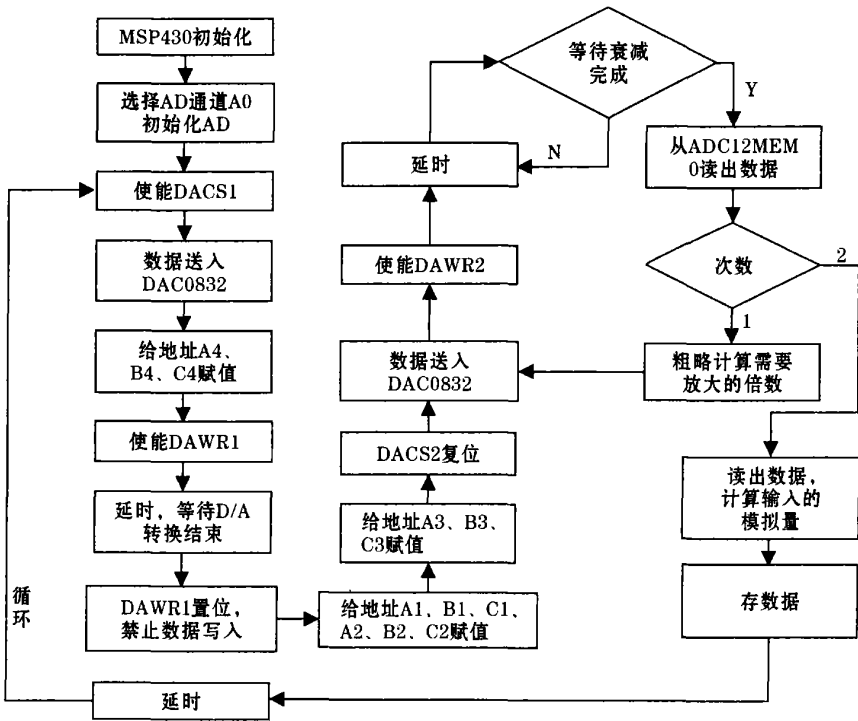


图6 软件流程图

5 系统调试关键

系统调试特别要关注的是开关电源,其输入电压过低或储能电感内阻过大或功率容限过小,均会导致电感温升烧坏。

线性光耦会影响系统性能指标,需细致调整。工作电流要适中,约15mA左右,过大已损坏,过小线性度差。

电流转换成电压用电阻取值也十分讲究,它直接影响增益。

6 结果与讨论

系统能采集电压、电流及电阻信号,动态范围较大、功耗较低、精度较高、速度较快,可实现实时采集处理。表 4 给出了通道测试结果,输出为 12 位 ADC 数据折合电压值。

表 4 通道测试				
输入	正通道		负通道	
	输出	误差(%)	输出	误差(%)
480mV	244mV	1.67	242mV	0.83
1.28mV	643mV	0.47	639mV	0.16
2.06V	1.04V	0.97	1.02V	0.97
3.02V	1.52V	0.66	1.52V	0.66
4.00V	2.05V	2.50	2.04V	2.00
4.82V	2.44V	1.24	2.42V	0.41
5.60V	2.83V	1.07	2.82V	0.71

线性度不够理想的最大可能性是线性光耦,改进方法:一是选用精密线性光耦和更好的运放,二是调整工作电流——设置合适的工作点。当然还有一个更方便的措施就是在软件中进行参数修正。

参考文献:

[1] 艾劲松,鲁礼炳,孙超作.对提高自动气象站运行稳定度的几点看法[J].湖北气象,2005,(4):37—38.

[2] 杨政敏.自动气象站正常运行关键在于仪器正常工作[J].湖北气象,2005,(4):43—43.

[3] 祖雪梅.自动站数据实时处理与应用系统[J].黑龙江气象,2005,(4):36—36.

[4] 杨崇静,马传成,安学银.CAWS600系列自动气象站工作原理及防雷措施[J].山东气象,2005,25(4):53—54.

[6] 童诗白,华成英.模拟电子技术基础[M],北京:高等教育出版社,2001.

[7] 沈建华,杨艳琴,翟晓曙.MSP430系列16位超低功耗单片机原理与应用[M].北京:清华大学出版社,2004.

Data-acquisition system in automatic weather station

TAO Wei, YAO Zhen-dong
(Dept. of Electronic Engineering CUIT, Chengdu 610225, China)

Abstract: The automatic weather observation system is widely applied to the meteorological offices and the data acquisition component is the critical unit in the system. The data acquisition component is greatly modified which is better than the conventional ones in the low power consumption, multi-function, multi-channel, programmable control and so on. The sensor interface and signal converting units include variable constant-voltage and current source implemented by the DAC chip, front-end protection with Zener diode, channel control and signal selection with multiplex, isolating circuit with precise linearity optical coupler, gain control with DAC and instrument amplifier. The result shows that the design of the data acquisition circuit works normally.

Key words: data-acquisition; gain-control; differential-mode; dynamic-range; analog multiplex