

基于单片机的环境控制硬件开发

庄育欣

(常州纳捷机电科技有限公司, 江苏 常州 213164)

【摘要】环境控制器在目前的畜牧养殖业中已经可以随处可见,因为它即可以提高养殖质量,还可以减轻劳动力。但一个好的产品还是需要不断的更新和完善,一个好的硬件设计可以给整个系统设计以及后期使用带来事半功倍的效果。

【关键词】单片机; EMC; PT100

【DOI】 10.12294/j.issn.1673-0992.2022.06.052

随着养殖业的迅猛发展,环控器的使用量也越来越大,因为使用环控器的科学养殖可以将养殖舍的环境控制在需要的范围内,降低家禽的患病率。但大多数养殖场都远离城市与居民区,这就会带来一个问题,那就是设备的稳定性。由于养殖场的周围比较空旷,相比于田地、马路它属于高建筑,所以容易遭受雷电。首先不说雷电直接击在建筑物上,光雷电流产生的静电感应和电磁感应,就会对环控器产生影响,可能造成某些动作失灵。所以为了环控器在使用中的稳定性,我们需要不断的创新与完善。

一、环控器硬件总设计方案

现有的环境控制器 220V 电源, AD 采集和继电器控制是集成在一块板子上的,在现实生活中电源和继电器都是干扰源,这样传感器采集的精度比较容易受干扰,抗干扰能力差。而且现有的环控器用的都是普

通的运算放大器,线性度差,校准很麻烦,实际使用量程小(例如温度,湿度),误差也比较大。继电器是直接焊接在 PCB 板上的,出现故障之后不能马上解决,返修周期长。

针对以上问题我将环控器分为四个部分组成,分别为电源、主板、继电器控制板、显示模块。首先选择经过 CE 认证的 24V24W 的迷你电源,给主板和继电器控制板供电。主板以 STM32F103VCT6 为核心,通过仪表放大器 INA128UA 和多路复用的模拟开关采集各个传感器上的模拟量,将模拟量通过 CPU 内部自带的 AD 转换器换算成数字量后与用户之前通过触摸屏设置的参数进行对比,并判断是否在工作环境内,如果不在将自动对已设定好的控制模式和控制对象通过继电器板进行控制(例如风机的开关),使他保持在设定的环境范围内。

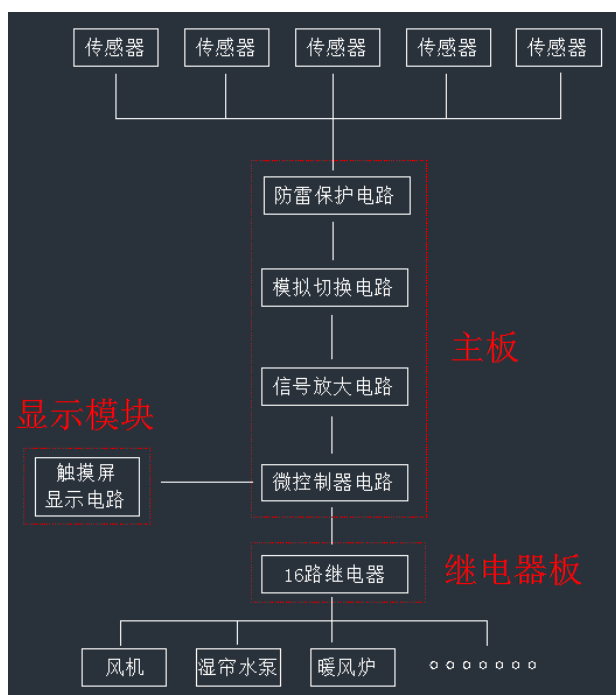
二、环控器控制系统硬件设计

(一) CPU 选型

将运算器、控制器、存储器和各种输入/输出接口等计算机的主要部件集成在一块芯片上,就能得到一个单芯片的微型计算机。它虽然只是一个芯片,但在组成和功能上已经具有了计算机系统的特点,因此称之为单片微型计算机(Single-Chip Microcomputer),简称单片机。本次环控器选的 CPU 型号是 STM32F103VCT6,该芯片是一款高密度性能 ARM Cortex-M3 32 位微控制器,100 引脚 LQFP 封装。它包含 72MHz 运行频率,高性能 RISC 核心,高速嵌入式存储器,以及连接至 2 条 APB 总线的增强型 I/O 与外设。STM32F103VCT6 具有 12 位模数转换器,计时器, PWM 计时器,标准与高级通讯接口。多种省电模式允许设计低功耗应用。

(二) PT100 模拟量采集电路设计

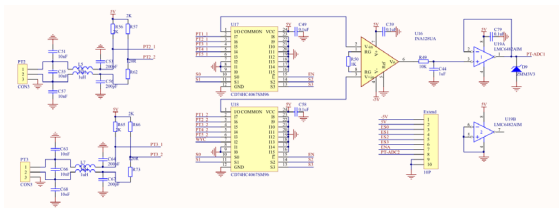
PT 是指金属铂, 100 是指在 0℃ 时,该金属的电阻值为 100Ω,铂金属具有良好的热电效应,当外界



环境温度发生改变,铂金属的电阻值也随之发生改变。铂金属在高温下,性能比较稳定,测量的精度高,铂金属因其具有良好的温度系数和大的电阻率,被广泛的应用在工业测温领域。

PT100 之所以应用很广泛,不仅是因为它可以测的温度范围宽(零下几十度到零上几百度),还因为它的线性度非常好。“线性度”,就是温度每变化一度,电阻的阻值升高的幅度是基本相同的。这样,就大大的简化了我们的程序。不过,PT100 也有它的缺点,就是温度每上升一度,阻值变化太小了,只有 0.3851 欧姆。这样就需要硬件上提供高精度低噪声的转换。

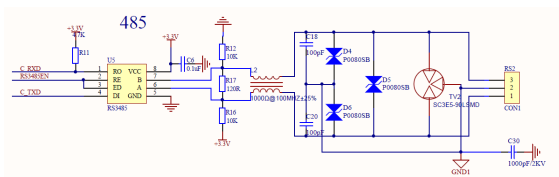
由于养殖舍比较大传感器到控制器的距离都比较大,所以在这里我选用三线制的 PT100。因为采用三线式接法可消除引线线路电阻带来的测量误差。首先输入接口处我用了 π 型 LC 滤波电路,先去掉 PT100 导线上的高频成分。然后再进入桥式电压采样电路,这样采集到的电压比较稳定,然后经过 16 路模拟量开关将某一路的传感器值给仪表放大器放大,最后经过电压跟随器送入 CPU 进行 AD 采集。这里选用仪表放大器是因为它具有低漂移、低噪声、高开环增益、非常大的共模抑制比、高输入阻抗等特点。



(三) 多种通讯模式

1. RS485 通讯。在实际的应用中,除了温度是我们关注的重点,还有氨气,二氧化碳这些都是我们需要实时记录的。市面上有好多都是现成的传感器,成本也不高,大多都是 485 通讯。

这里选用的是 SP3485,它是 +3.3V 低功耗半双工收发器,完全满足 RS-485 和 RS-422 串行协议的要求。收发器的数据传输速率可高达 10Mbps。同时 485 接口采用防雷和防浪涌设计。如下图:



2. 电路滤波设计要点:

L1 为共模电感,共模电感能够对衰减共模干扰,对单板内部的干扰以及外部的干扰都能抑制,能提高

产品的抗干扰能力,同时也能减小通过信号线对外的辐射,共模电感阻抗这里选择 $1000\ \Omega/100\text{MHZ}$ 。

C15、C16 为滤波电容,给干扰提供低阻抗的回流路径,能有效减小对外的共模电流以同时对外界干扰能够滤波;这里电容容值选取范围为 100pF

3. 电路防雷设计要点:

为了达到 IEC61000-4-5 或 GB17626.5 标准,共模 6KV,差模 2KV 的防雷测试要求,TV1 为三端气体放电管,用于抑制线路上的共模以及差模浪涌干扰,防止干扰通过信号线影响下一级电路;这里选用的气体放电管型号为 SC3E5-90LSMD,通流量可达 5KA。最大可满足 10KV 的浪涌测试标准。直流击穿电压为 90V,在 1A 的测试条件下的弧光电压为 15V。采用陶瓷作为主要的管体结构,寄生电容较小,一般小于 1.5PF。有较高的环境适宜性,工作温度范围为 $-40^\circ\text{C} \sim 90^\circ\text{C}$ 。

D1~D3 为 TSS 管(半导体放电管),这里选用的型号是 P0080SB,具有精确导通、快速响应(纳秒级)、浪涌吸收能力较强、双向对称、可靠性高等特点,可以弥补气体放电管的不足。最大可吸收 4KV 的浪涌,GDT 与 TSS 配合组成的测试电路能够完成分级限压和泄流的作用,将信号线路中产生的暂态高电压降至最低,以达到保护电子设备的目的。

(四) GPRS 物联网模块

现在是一个大数据时代,传感器等同于数据,连接意味着控制。用户在使用的时候可以通过实时监测收集到的相关数据,跟踪和分析当前的使用情况。

我选的 GPRS 是有人物联网的,型号为 USR-GPRS232-7S3,主要有以下功能特点:

1. 四频: GSM850/900,DCS1800/1900,全球通用;
2. 支持 GSM/GPRS 网络;支持 2G/3G/4G 手机卡的 2G 流量;
3. 支持 4 路网络连接同时在线,支持 TCP Client 和 UDP Client;
4. 每路连接支持 4KB 数据缓存,连接异常时可选择缓存数据不丢失;
5. 支持发送注册包/心跳包数据;
6. 支持短信设置模块参数;
7. 支持多种工作模式:短信透传模式、网络透传模式、HTTPD 模式,UDC 模式;
8. 支持基本指令集和扩展指令集;
9. 支持使用扩展指令集建立、维持及关闭网络连接,增加了应用灵活性;
10. 支持简单指令发送中文/英文短信,避免了 PDU 发送中文短信复杂难用;

11. 支持类 RFC2217 功能, 可从网络动态修改模块的串口参数;

12. 支持 UDC 协议;

13. 支持 FTP 协议远程升级

(五) 继电器板电路设计

继电器控制板是由驱动电路和可拆卸式继电器组成, 我选用的继电器是欧姆龙的 G2R-1-E-24VDC, 所需的驱动电压为 24V, 驱动电流 34.6mA。可带负载交流 250V, 16A。直流 30V, 16A。触点的机械寿命可达一千万次以上。

继电器的驱动芯片我选用的是 ULN2003, 它是双列 16 脚封装, NPN 晶体管矩阵, 最大驱动电压为 50V, 电流 =500mA, 输入电压 =5V, 适用于 TTL COMS, 由达林顿管组成驱动电路。采用集电极开路输出, 输出电流大, 它内部还集成了一个消线圈反电动势的二极管, 故可直接驱动继电器或固体继电器。

三、EMC 设计体现

EMC 即电磁兼容, 指电子和电气系统、设备和装置在预定的电磁环境和设定的安全界限内在设计的性能水平工作时不会因为电磁干扰而引起不可接受的功能降级。

(一) 电路板设计时的数模分离

在主板设计时需要将模拟电路和数字电路分开, 由于数字信号一般为矩形波, 带有大量的谐波。如果电路板中的数字地与模拟地没有从接入点分开, 数字信号中的谐波很容易会干扰到模拟信号的波形。当模拟信号为高频或强电信号时, 也会影响到数字电路的正常工作。模拟电路涉及弱小信号, 但是数字电路门限电平较高, 对电源的要求就比模拟电路低些。既有数字电路又有模拟电路的系统中, 数字电路产生的噪声会影响模拟电路, 使模拟电路的小信号指标变差, 克服的办法是分开模拟地和数字地。

(二) 布局和布线

1. 将器件的逻辑系列按功能分类, 严格控制总线分类。

2. 布局阶段较小元件间的物理距离。

3. 减小平行布线的线长。

4. 器件位置远离 I/O 互连线和其他对信号恶化和耦合敏感的电路区域。

5. 对控制阻抗的印制线或富含谐波能量的印制线进行终端处理。

6. 避免相互平行的布线。在印制线间保持足够的间距以减小感性耦合效应。

7. 相邻布线层 (微带线或带状线) 要采用正交布线方式。这样会预防邻近布线层间的容性耦合。

8. 减小信号层到参考地的距离。

9. 降低线条阻抗和驱动信号的电平。

10. 用实心的平面结构隔离必须同向布线的布线层 (典型的底板层叠分配)。

11. 在层叠分配中将高噪声发射器 (时钟、I/O、高速互连线等) 分割或隔离在不同的布层中。

12. 在特殊的传输线上加装具有频带限制功能的滤波器以清楚源和被干扰印制线的直接耦合。

(三) 爬电距离和电间隙

在设计继电器 PCB 板时需要把爬电距离和电间隙考虑在内, 因为继电器带的都是高压交流电, PCB 在高电压或故障条件下, 可能跨过安全被覆、阻焊层或线条和界面间发生电弧。为防护不期而遇的故障产生的触电事故, 我们必须特殊布放线条使高电压源与地之间保持一定量的间隔。虽然爬电距离和电间隙与 EMI 并不直接相关, 但在进行设计和布线期间必须同时考虑 EMC 和安全的要求。

爬电距离和电间隙在谐波安全标准中的定义:

爬电距离是两个导体部件间的最短路径或导电部件与设备边界面的最短距离, 是沿着绝缘表面计量的。

电间隙是导体部件间的最短距离, 或者是导电部件和设备边界面间的最短距离, 是按空间距离计量的。

四、结语

环境控制器控制着禽舍内的温度、湿度、通风、光照、供水、供料和湿帘等。它执行着养殖公司设置好的养殖工艺, 有利于公司养殖的标准化。目前我设计的这款环控器已经投入大量使用, 并得到良好的反馈, 也有一些好的建议。技术的创新是无止境的, 希望我们的产品能跟着时代不断进步。将我国从养殖大国推向养殖强国。

参考文献:

[1] 王彦春. 环境控制器在家禽规模养殖中的应用 [J]. 现代畜牧科技, 2019(06).

[2] 何金凤. 基于 STM32 单片机的养殖控制器的设计 [J]. 南方农机, 2020(05).

[3] (美) 曼特罗斯著, 吕英华等译, 电磁兼容的印制电路板设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008(01).

[4] 王永虹, 徐炜, 郝立平. STM32 系列 ARM Cortex-M3 微控制器原理与实践 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008(07).

作者简介: 庄育欣 (1988—), 男, 江苏省常州市人, 常州纳捷机电科技有限公司, 中级职称, 大专, 研究方向: 嵌入式硬件。