

基于多功能数字显示仪表的环境监测功能设计

刘先进 张辉虎 陶敬荣

浙江八达电子仪表有限公司, 浙江 金华 321000

[摘要] 由于传统的多功能数字显示仪表主要针对电力中供电系统、工矿企业、公共设施、智能大厦等电力监控需求设计的,其主要功能为监测电力参数。针对环境监测的问题,数字显示仪表对这块功能研究却不多。鉴于此,文中从数字显示仪表的多功能设计出发,依据电力系统中配电房、开关柜实际需要配套环境监测设备,在HT6025开发的数字显示仪表的基础上,设计一套具备环境监测功能的多功能数字显示仪表,设计的环境监测功能能够采集温湿度、水浸报警、烟雾报警、SF₆&O₂气体检测等功能,并实现故障预警等功能。

[关键词] 多功能数字显示仪表; 环境监测; 温湿度监测; SF₆&O₂气体监测; 水浸监测; 烟雾监测

DOI: 10.33142/sca.v5i3.6188

中图分类号: TM764

文献标识码: A

Design of Environmental Monitoring Function Based on Multi-functional Digital Display Instrument

LIU Xianjin, ZHANG Huihu, TAO Jingrong

Zhejiang Bada Electronic Instrument Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 321000, China

Abstract: Because the traditional multi-functional digital display instrument is mainly designed for the power supply and distribution system, industrial and mining enterprises, public facilities, intelligent summer and other power monitoring needs, its main function is to monitor power parameters. In view of the problem of environmental monitoring, the digital display instrument has little research on this function. In view of this, starting from the multi-functional design of digital display instrument and according to the actual needs of distribution room and switchgear in power system, a set of multi-functional digital display instrument with environmental monitoring function is designed based on the digital display instrument developed by HT6025. The designed environmental monitoring function can collect temperature and humidity, water immersion alarm and smoke alarm, SF₆&O₂ gas detection and other functions, and realize fault early warning and other functions.

Keywords: multifunctional digital display instrument; environmental monitoring; temperature and humidity monitoring; SF₆&O₂ gas monitoring; water immersion monitoring; smoke monitoring

引言

根据国家电网配电房、开关柜运行故障统计分析,主要由环境引起的事故主要有温湿度、漏水浸水、灰尘等。目前传统的多功能数字显示仪表主要针对电力监控需求设计的,主要针对电力参数监测,如电压、电流、频率、功率因素、有功电能、无功电能等。环境监测设备则是分别采用专门的温湿度环境监测设备、烟雾监测设备、SF₆&O₂气体监测设备、水浸监测设备,需要搭配多种设备,多种设备组合起来使用,非常不便。而且在整体布局上,由于设备种类多,也造成摆放乱,占地空间多,布线复杂且杂乱,对后期的维护也有影响。

从国家提出的双碳目标出发,在HT6025开发的数显表的基础上,利用现有资源,充分考虑实际应用环境,形成了基于多功能数字显示仪表的环境监测功能设计。

1 数字显示仪表的环境监测方案

文中以开关柜为研究对象,开关柜长期处于高温、高湿,水浸的威胁等恶劣的环境下,充分考虑环境监测的难点、布线难点,以及检测信号的准确度,信号的收发稳定

性、可靠性等问题。

依据数字显示仪表多功能为基础和环境监测的需求,开发一套具备电力监测和环境监测的多种功能合一的新数字仪表,不仅保留了电力参数监控的功能增加了环境监测的功能。在新设计的环境监测功能^[5]主要增加了温湿度监测、水浸监测、SF₆&O₂气体监测、烟雾监测等多种功能。

新功能通过各传感器^[3]采用有线通信和无线通信技术,实施一套线路布局优化、空间占比小的方式,实现多种环境监测功能。

2 数字显示仪表的环境监测硬件设计

环境信息的采集主要对开关柜的温度、湿度、烟雾、SF₆&O₂气体、水位等信息的采集,采集的数据通过有线传输、无线传输等方式传输到仪表中。文中主要介绍环境监测功能硬件设计,对于电力监测部分不在详细描述。主要硬件模块部分分为MCU处理芯片、电源模块、温湿度传感器模块、烟雾传感器模块、水浸监测模块、SF₆&O₂气体监测模块、通讯模块等模块。下面将对环境采集端的各模块以及电源设计进行分析。

2.1 环境监测的硬件设计

2.1.1 MCU 芯片选型

由于需要在原电力监测的功能上支持各种环境监测的功能,因此在进行设计方案时采用一款 MCU 芯片能够与多种传感器采集模块建立连接,能够实现多种环境监测的功能。经过筛选,HT6025 是一款多功能、高性能、低功耗智能仪表专用 MCU 芯片,内部集成了 Cortex-M0 处理器、时钟管理、电源管理、PLL、高频 RC、低频 RC、LCD 驱动等单元,以及 NVIC 和 DEBUG 调试功能。该芯片在仪表行业中使用比较多,是一款非常成熟的芯片,作为环境监测功能的 MCU 处理芯片,能够实现对各种环境进行实时监测同时能够满足原电力参数监测的功能,最终选择 HT6025 作为主 MCU 芯片。HT6025 具有 70 个双向 I/O 端口,其外围电路图如图 1 所示。

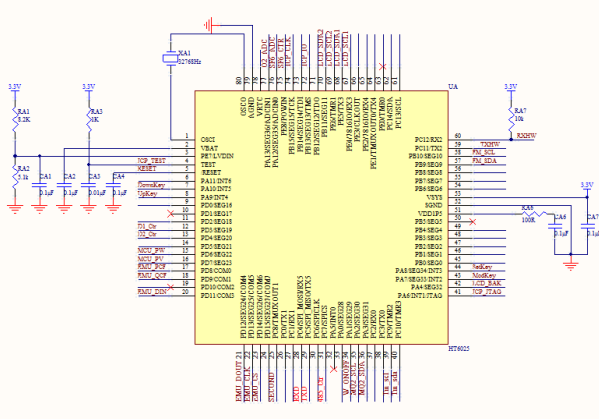


图 1 MCU 外围电路

2.1.2 温湿度检测的方法

HT6025 本身自带高精度的温度^[1]传感器,监测的温度范围在-40℃~+85℃范围内,温度传感器一致性优于±1℃。根据数字显示仪表安装使用规范,数字显示仪表的安装位置固定,因此该温度传感器的位置也比较固定,移动不方便,对开关柜的温度监测会有一些的影响性且对于湿度还需另配传感器。综合考虑,决定另选一款体积小,安装方便且兼容湿度测量的温湿度传感器 SHT11。SHT11 芯片的温度测量范围在-40℃~+123℃,湿度测量范围在 0~100%RH,其硬件设计的电路图如下图 2 所示

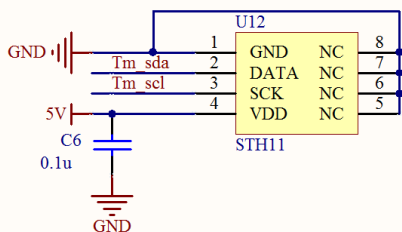


图 2 温湿度采集电路设计

2.1.3 水浸检测的方法

水浸传感器目前市场有两类,无线通信和有线通信两类水浸传感器,但是无线通信的水浸传感器价格比较贵,数字显示仪表需要专门设计无线通信模块,来保障不同种类的无线通信,涉及的硬件、成本、及后期维护成本带来不利影响。文中通过合理设计水浸检测方式来避免这些不利因素,具体设计硬件设计如图 3 下。

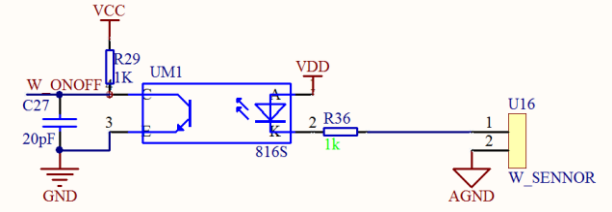


图 3 水浸检测电路

2.1.4 烟雾检测的方法

烟雾^[4]传感器采用 MQ-2 气体传感器,其具备可靠的稳定性和良好的重复性。响应时间段,长时间工作性能好,可检测 100~10000ppm 浓度的烟雾。MQ-2 传感器设计电路可以采用比较式和 ADC 检测式。比较式,MQ-2 检测后输出电压,通过比较器与设置的标准电压比较。大于标准电压则检测有烟雾,这种方式检测结果只能代表有烟雾情况发生,不能具体检测到烟雾的浓度,因此此次设计不采用该方式。ADC 检测式则通过 MQ-2 检测后输出电压,输入 ADC 转化芯片中,通过电压转换成数字信号,进而精确的转化为烟雾浓度值。文中采用 ADC 检测方式来进行烟雾检测,在 MQ-2 使用前先通过 5V 电压进行预热,提高其测量准确度,电路设计如图 4 所示。

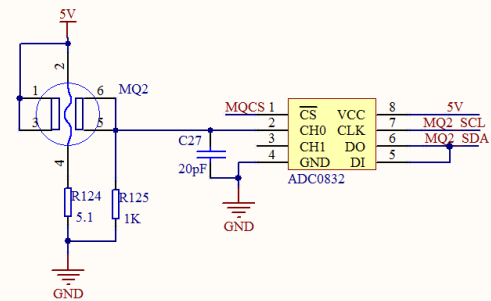


图 4 烟雾检测的电路

2.1.5 SF₆&O₂ 气体检测方法

SF₆采用意大利 NET 公司的 IFP32-SF6M-NCVSP 传感器,该传感器采用 NDIR 双波束技术检测 SF₆ 气体,测量范围在 0~1000ppm,读数低于量程的 25%时可以达到满量程的±1%的精度要求。该传感器的工作电流达到 85mA,因此设计采用检测方式为间隔时间检测,通过 MCU 控制 SF₆ 气体检测。

由于 SF₆ 气体浓度重,泄漏时会造成 O₂ 浓度降低,同时检测 O₂ 浓度进一步检测 SF₆ 气体,O₂ 检测采用日本的 KE-系列的 KE-25 传感器,该传感器测量范围 0~100%,精度

在±1%，将 IFP32-SF6M-NCVSP 和 KE-25 传感器集成在一块电路板上，具体电路设计如下图 5 所示。

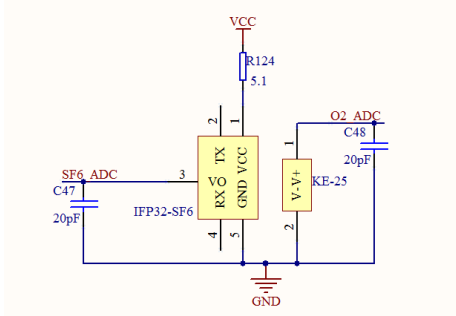


图 5 SF₆&O₂ 气体检测

2.1.6 电源模块设计

由于设计的数字显示仪表需要支持多种传感器检测，需要带载能力强，传统的线性电源的工作效率不能满足且占用空间大，采用 ACDC 转换技术不仅在工作效率上满足要求，且占用空间也比较小。经选型筛选，得明的 8234T 芯片是一款专门为仪表设计电源芯片，设计的 ACDC 电源模块，有两路输出，一路输出 12V，400mA，一路输出 12V，100mA，满足整个仪表的设计要求，5V 稳压电路则采用明达微的 MD7651 芯片，进行转换，具体电路设计如下图 6 所示。

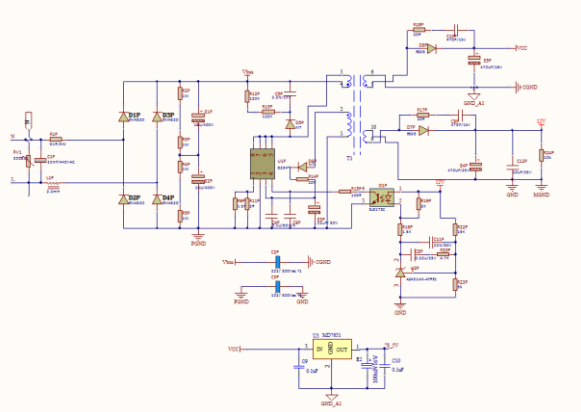


图 6 ACDC 及稳压电路设计

2.1.7 通讯模块设计

数字显示仪表传统仪表系列，采用 485 通讯方式与外界通讯，电路以国产通讯芯片上海贝岭 BL3085 有极性芯片设计电路，具体电路如下图 7 所示。

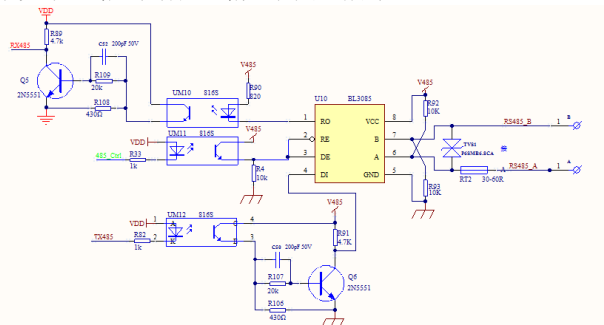


图 7 485 通讯电路

2.2 硬件电路抗干扰设计

由于数字显示仪表使用环境为高压、强磁场的环境中，为了使电路能够正常的工作，且测量精度高、数据传输完整、需对硬件电路进行抗干扰设计。

综合整体数字显示仪表电路设计，根据各个模块设计原理图，合理的在 PCB 上摆放各个元器件的位置，注意接地、屏蔽接地，保证屏蔽有效且不会使数据传输变差。在易受外界磁场或高频变压器干扰的器件，采用金属屏蔽方式，来抵抗外界电磁辐射以及噪声带来的影响。增加电容、电感等滤波元器件，滤除电路中的信号干扰，增强数据传输的稳定性。

3 环境监测功能的系统软件设计

3.1 环境信息采集流程设计

因为文中设计多种环境信息采集，在这以采集温湿度为例，描述环境信息采集流程，如图 8 所示，该图中详细描述 SHT11 芯片采集温湿度。

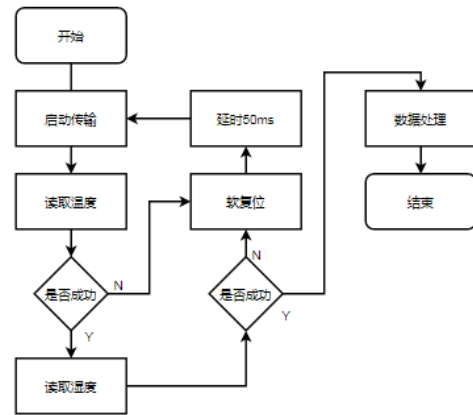


图 8 温度采集流程

3.2 AD 转换及数据处理流程设计

文中部分传感器采用模拟量输出，因此需要根据 AD 转换技术^[2]将模拟量信号转换成数字信号，数字信息由 MCU 处理器进行处理分析，以便实现环境信息相关操作处理，具体流程设计如图 9。

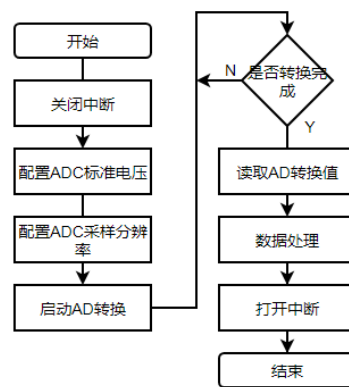


图 9 MCU 的 ADC 转换流程

3.3 事件报警处理流程设计

采集到的各种环境参数信息与客户设置的报警阈值进行处理，达到报警限值时，MCU 进行报警处理，且可以通过 485 通讯的方式、模拟量输出的方式，可以根据设置不同的报警级别向客户端不同级别的警报信息，以便客户根据实际情况进行处理，具体流程如图 10 所示。

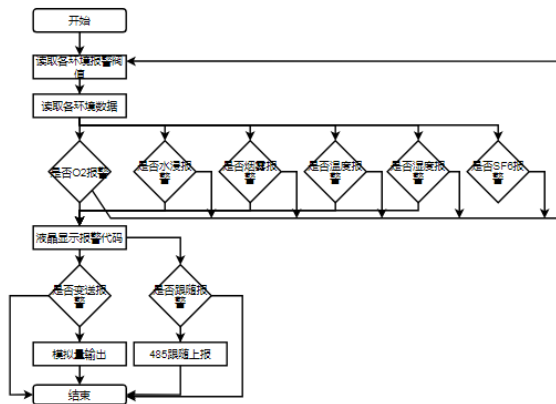


图 10 事件报警处理流程

3.4 软件抗干扰设计

由于使用环境的影响，不仅仅硬件电路需要抗干扰设计，软件设计时也同样需要抗干扰设计，如果软件抗干扰设计不理想，可能造成处理数据异常，事件报警误报，甚至程序“跑飞”，导致整个产品不能正常工作。主要从以下几个方面进行软抗扰设计：

(1) 软件滤波

A) HT6025 芯片的部分端口具有滤波功能，滤波 2us。程序设计上可以通过配置输入滤波控制寄存器，在需要时打开滤波功能，使得数据接收时降低干扰。

B) 借助数字程序设计，在接收有用信号的时区打开输入口且判断信号的幅值或频率，剔除异常幅值或频率的信号，而在可能出现干扰信号的时区封闭输入口，从而滤掉干扰信号。

(2) WDT 复位功能

HT6025 有一个硬看门狗，其由内部低频 RC 时钟驱动，当计时器计满预定时间则发出溢出脉冲，产生 WDT 复位信号。合理利用 WDT 功能设计，在某段程序或接口，当超过一定时间系统没有检查这段程序或接口时，可以认定系统运行出错或跑飞的情况下，可通过软件进行系统复位或按事先预定方式运行。

4 环境监测功能测试

为了验证文中设计基于多功能数字显示仪表环境监测功能，如对各环境的参数信息采集，用户交互界面操作功能，报警功能等试验。

将设计的产品设置温湿度报警阈值后，运行在 GDJS-500D 高低温交变湿热试验箱，通过设置试验箱的温度和湿度，检测仪表的温湿度数据采集功能，通过试验数

据表 1，对环境的温湿度监测功能及报警功能满足设计的要求。

表 1 温湿度采集数据

试验箱温度 (°C)	试验箱湿度 (RH)	仪表检测温度 (°C)	(仪表检测湿度 (RH))	误差精度 (温度 & 湿度)
25	75%	24.9	74%	0.4% & 1.3%
25	95%	24.8	97%	0.8% & 2.1%
50	55%	50.2	54%	0.4% & 1.8%
50	25%	50.3	24%	0.6% & 4%
-25	0%	-24.7	0%	1.20%
-30	0%	-29.8	0%	0.60%

在一个密闭的试验器具来检测烟雾采集功能，O₂ 浓度检测功能，SF₆ & O₂ 气体浓度试验，以及水浸试验。通过设置产品的烟雾报警阈值、O₂ 浓度报警阈值、SF₆ 气体浓度报警阈值来逐步检测各相报警功能，首先进行烟雾浓度报警功能，通过燃烧木炭来模拟火灾得到烟雾浓度和 O₂ 浓度，再重新做 SF₆ 气体浓度报警功能试验，向密闭的试验器具里添加 SF₆ 气体，产品运行监测 SF₆ 气体浓度和 O₂ 浓度，最后再做水浸试验，向试验器具内加入水，模拟水浸的情况。仪表液晶上先后显示，烟雾报警代码 Err-01，O₂ 报警代码 Err-02，SF₆ 报警代码 Err-04，水浸报警代码 Err-06。对环境的烟雾监测功能、SF₆ & O₂ 浓度监测功能、水浸功能满足设计要求。

通过试验证明本次设计的多功能数字显示仪表的环境监测功能达到了预期的效果。

5 结束语

综上所述，文中通过各种环境监测传感器提出了基于数字显示仪表对温湿度、烟雾、SF₆、水浸等环境进行监测功能设计。通过硬件设计将各种传感器电路集成起来，软件处理各类传感器采集的数据进行多种功能分析与报警处理，且通过试验验证了数字显示仪表环境监测功能成功可行。

[参考文献]

[1] 周韶园, 武占河, 陈锋凯. 电能表寿命自监测的方法[J]. 电测与仪表, 2021, 58(4): 189-192.
 [2] 孙健, 车凯, 袁栋. 基于 ZigBee 的开关柜触点监测系统的设计[J]. 电测与仪表, 2020, 57(22): 126-132.
 [3] 汤晓君, 刘君华. 多传感技术的现状与展望[J]. 仪器仪表学报, 2005, 2(12): 1309-1313.
 [4] 秦莉艳. 单片机的智能烟雾报警系统的设计[J]. 电子测试, 2020(21): 16-17.
 [5] 张贤杰. 智能化环境监测系统分析与设计研究[J]. 黑龙江科学, 2020, 11(22): 90-91.
 作者简介: 刘先进, 男(1989.11-), 毕业院校: 安庆师范学院, 所学专业: 电子信息科学与技术, 目前就职单位: 就职于浙江八达电子仪表有限公司, 职务: 研发员兼测试中心主管, 职称级别: 中级工程师