文章编号:1673-0062(2017)04-0080-06

基于 STM32 的放射源远程监控与跟踪终端装置研制

古国强[1],戴石良[2*],颜拥军[3], 于 如[4]

(1.南华大学 电气工程学院,湖南 衡阳 421001;2.湖南省核三力技术工程有限公司,湖南 衡阳 421001;
3.南华大学 核科学技术学院,湖南 衡阳 421001;4.阳江核电有限公司 安防部,广东 阳江 529941)

摘 要:介绍基于 STM32 的放射源远程监控与跟踪终端装置的组成:采用基于 ARM 内核的单片机作为主控中心,利用 G-M 计数管作为探测器,增设了传感器和大容量存储器.结合 GPS/GPRS 技术,实现了长时间对辐射源的监测与数据远程收发.该装置具有自动报警功能,能够对放射源的异常状态做出及时有效反应,便于相关工作人员立即采取措施,避免核泄漏事故的发生.

关键词:G-M 计数管;放射源监测与跟踪;GPRS 通信;GPS 定位;传感器技术
中图分类号:X837 **文献标志码**:A

Research on Remote Monitoring and Tracking Terminal Device Based on STM32 for Radioactive Sources

GU Guo-qiang[1], DAI Shi-liang[2*], YAN Yong-jun[3], YU Ru[4]

(1.School of Electrical Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China;
2.Hunan Sunny Technology Engineering Co., Led., Hengyang, Hunan 421001, China;
3.School of Nuclear Science and Technology, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China;
4.Security Department, Yangjiang Nuclear Power Co., Ltd., Yangjiang, Guangdong 529941, China)

Abstract: This paper introduces the composition of remote control and tracking terminal device based on STM32. Using the ARM core-based micro-controller as the main control center, the use of GM count tube as a detector, the addition of sensor technology and mass storage technology and combined with the GPS/GPRS technology, it achieves a long time to monitor the radiation source and remote data transceiver. The device has an automatic alarm function, and it can make a timely and effective response to the abnormal state of the radioactive source so that the relevant staff can take effective measures to avoid the occurrence of nuclear leakage accident.

收稿日期:2017-05-18
基金项目:湖南省研究生科研创新项目(CX2017B529)
作者简介:古国强(1992-),男,硕士研究生,主要从事于智能控制理论与方法的研究.E-mail:502565116@qq.com. *通讯作者:戴石良,E-mail:13707348667@126.com

key words:G-M counter tube;radioactive source monitoring and tracking;GPRS communication;GPS positioning;sensor technology

0　引　言

核技术的发展使得核设施的使用与放射性实验场合越来越多被利用,这为人类世界带来了极大的效益.由于放射性粒子对人体是有害的,甚至危及人生命安全,故放射源的合理使用与安全监管成为了社会关注的焦点.为了保证辐射剂量了控制在有效安全范围[1],我国在核监测领域里已经开展了许多研究,但是放射源的丢失、泄露等事故依然经常发生,究其原因主要有:1) 放射源的管理与防护方面不够完善.2) 放射源监管技术不够成熟.我国近几年在该领域的研究中取得了较好的研究成果,同国外的放射源监控方案虽有所区别,但具有一定的价值,而智能化、自动化程度不够高,在实时监测、有效管理等方面依然存在着较大的不足.本文在充分分析了国内研究现状及放射源使用、储存环境相关知识的基础上,我们采用 STM32 单片机技术、全球定位技术(GPS)、无线通信技术(GPRS)、传感器技术、大容量存储技术等研制了放射源监控与跟踪装置.本装置与其他设计有所不同,增设了传感器技术,使用了新一代通信芯片 SIM808,该芯片综合了 GPRS/GSM/GPS 等功能,具有体积小、功耗低等显著特点,能够实现数据远程收发与全球定位,也基本达到了放射源智能监管与报警的目的.相比其他设计性能有所较大提升,一定程度上弥补了现存不足的问题.

1　监控终端装置的组成与工作原理

1.1　监控终端装置组成

基于 STM32 的放射源远程监控终端装置主要有三部分组成:数据采集与处理模块、数据远程收发模块、电源管理模块.其总体框图如图 1 所示.

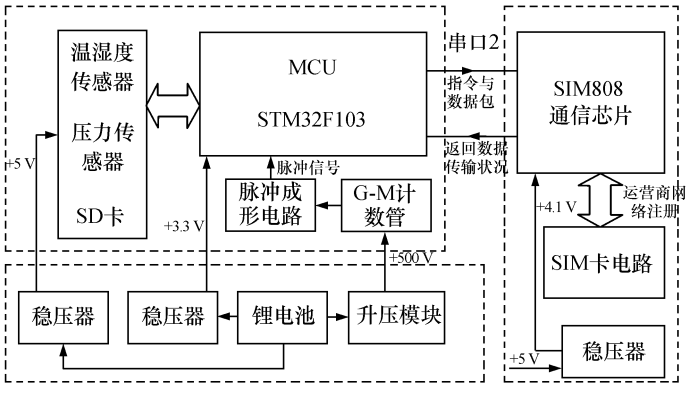


图 1　系统总体结构框

Fig.1　The overall structure block diagram of the system

1.2　工作原理

装置开机启动后,单片机与 SIM808 完成复位与注册 GSM 网络.G-M 计数管将探测到的粒子信号经过前置脉冲甄别电路整形滤波成标准的脉冲信号送至单片机,单片机完成计数并生成剂量率信息[2],SIM808 通信芯片将获取到的 GPS 数据通过串口发送至单片机,单片机将上述信息包括传感器采集到的温湿度、压力信息进行处理,并以一定的数据包格式打包,再通过串口发送给通信芯片;通信芯片通过与远程服务器建立的以 TCP/IP 协议的 GPRS 网络链接将串口发送来的数据发送至监控中心计算机;装置根据预先设置的阈值判断采集到的数据是否在正常阈值内,若出现异常,则会及时向外发送报警信息,以便相关工作人员采取及时有效措施,避免人身、财产损失.

2　监控终端装置硬件设计

2.1　数据采集与处理模块硬件设计

数据采集与处理模块负责采集放射源剂量率信息、放射源储存环境的温湿度信息及储存放射源设备的密封性信息,并完成信息的判断、打包处理、存储等一系列操作.此部分由 G-M 计数管电

路、单片机及其外围电路组成.

单片机作为主控中心选用意法半导体公司的具有 ARM Cortex™-M3 内核的 32 位 STM32F103 系列微处理器,主频高达 72 MHz,具有 16 KB 到 1 M大小不等的字节闪存,USB 全速接口与 CAN 总线等[3],能满足工业、医疗、个人用户中的大多数应用,并且因其具有低功耗、低电压运行、通过简单的架构可配置成高性能工具、价格低廉等特点而被广泛应用.

单片机外围电路主要包括以下几部分:

1)传感器接口电路:温湿度传感器、压力传感器及其配置电路,用于采集放射源存储环境信息.

2)大容量存储器接口电路:SD 卡及其配置电路,SD 卡是一种基于半导体闪存工艺的存储卡,容量大、价格低廉,配置有 FatFS 文件系统,方便放射源管理工作人员对放射源信息随时进行文件管理和查看.

3)脉冲处理电路:主要为 G-M 计数管电路,完成脉冲成形并由单片机 PA0 口完成计数并生成剂量率信息.G-M 计数管电路如图 2 所示.

G-M 计数管电路包括 G-M 计数管及其脉冲甄别电路.G-M 计数管具有输出信号大,功耗低,适应环境温度、温度范围宽[4]、体积小、造价低等特点,用于测量 100 μGy/h~1 Gy/h 范围内的剂量率,驱动电压 410 V.当有 γ 射线粒子进入管内,G-M 计数管就会产生一定幅值的脉冲[5],经过脉冲甄别电路形成标准的脉冲信号最终送至单片机.脉冲甄别电路主要由 TI 公司的具有漏极开路/推挽式输出的 75nsec、超低功耗、低压、轨到轨输入比较器 LMV7235 及其外围电路组成[6],主要是阻容网络组成的比例—积分—微分运算电路[7],能够输出幅值为+3.3 V 的脉冲信号.

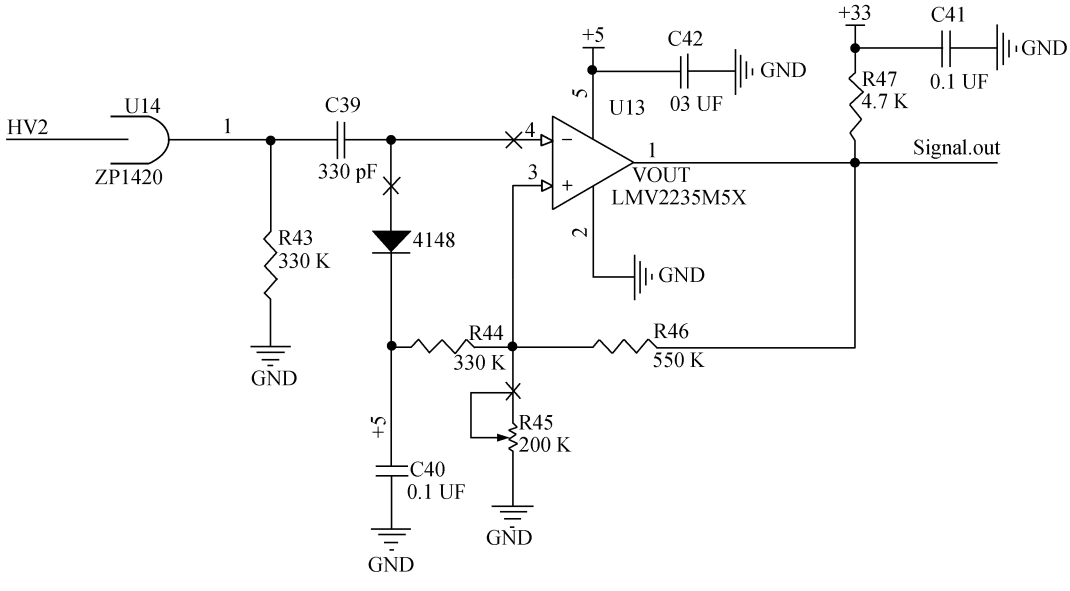


图 2 G-M 计数管脉冲甄别电路

Fig.2 The circuit of G-M counter tube pulse screening

2.2 数据远程收发模块硬件设计

数据远程收发模块采用 SIMCOM 公司的 SIM808 通信芯片,该芯片集成有 GPRS/GPS/GSM、蓝牙、USB 等功能,体积小、稳定性高,可在 GSM 850 MHz、EGSM 900 MHz、DCS 1 800 MHz、PCS 1 900 MHz 频率下工作,能够提供 10/12 个多点可选择信道类型,支持 CS-1、CS-2、CS-3、CS-4 四种 GPRS 编码方案[8-9],能够满足本装置的数据远程收发功能需求.

2.3 电源管理模块硬件设计

装置采用 3.7 V 锂电池作为供电元件,通过低压线性稳压器为装置提供各模块电路所需要的电压.G-M 计数管所需要的高压采用低功耗高精度,超薄稳压高压模块 HVW5P,可输出 0~500 V 直流电源,驱动 G-M 计数管工作.同时配置了锂电池充电保护芯片 MAX1811 与锂电池在线监测芯片 DS2762,能够为锂电池充电续航,实时监测锂电池剩余电量信息,保证了装置的长期有效运行.

3　数据采集与 GPRS 网络接入程序设计

3.1　数据采集软件设计

该软件部分设计主要包括以下子程序设计:

1)G-M 计数管计数程序设计;

2)传感器程序设计;

3)串口子程序设计;

4)SD 卡子程序设计.

软件流程图如下图 3 所示.系统上电以后首先进行系统初始化,包括 SIM808 模块注册 GSM 网络,传感器初始化时序,SD 卡识别及挂载.初始化成功后单片机等待传感器发送检测数据信息,等待脉冲信号并发送“AT+CGPSINF”指令从数据收发模块获取 GPS 定位信息.若数据无异常,则会将所有的信息打包发送给数据发送模块.若任何一部分数据出现异常则立即向数据发送模块发送报警信息与错误代码,数据发送模块进一步将报警信息与错误代码发送至远程监控计算机或者用户手机.程序完成一次数据传输后会检测开关机按键是否被按下,若被按下则终止程序,执行关机.

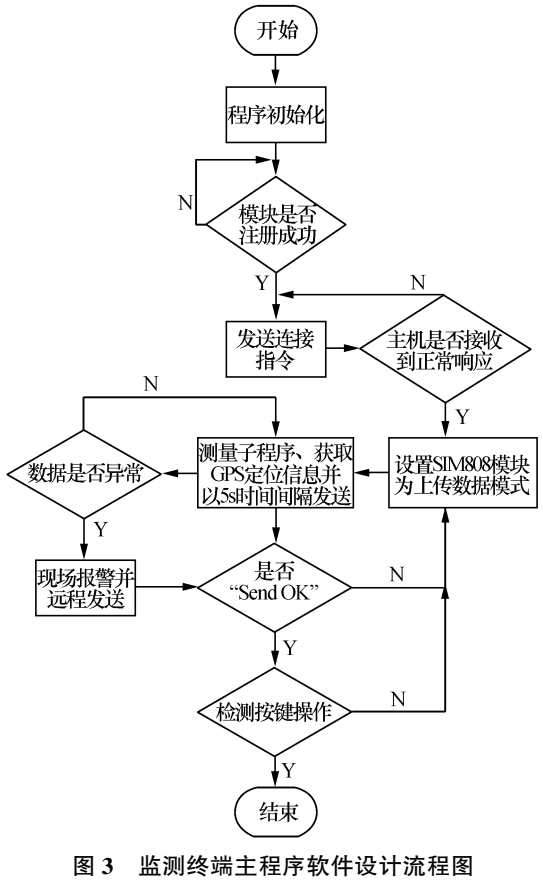


图 3　监测终端主程序软件设计流程图

Fig.3　The main program software design flow chart of the terminal monitor

3.2　GPRS 网络接入程序设计

GPRS 网络接入程序设计主要指 AT 指令发送程序与等待应答程序,具体发送指令接入网络过程如下:

①单片机发送一条 AT 指令“AT+CREG=?”,若 SIM 卡注册成功就会返回“+CREG:0,1 OK”,其中第二个参数为 1 或者为 5 表示注册成功;

②发送“AT+CGATT?”,返回值为“+CGATT:1　OK”表示操作成功;

③发送“AT+CIICR”用于激活移动场景,返回值“OK”,表示操作成功;

④发送“AT+CIPCSGP=1,“CMNET””返回值“OK”,设置 GPRS 连接,接入点为“CMNET”,返回值“OK”表示操作成功;

⑤发送“AT+CIPSTART=“TCP”,“域名或者 IP 地址”,“端口号”[10],连接远程服务器,返回值为“CONNECT OK”则说明连接成功;

⑥发送“AT+CIPSEND”指令进行数据发送,返回值“>”,该符号后面为要发送的数据.

软件中设计了心跳包子程序,在无数据传输超过 30 s 时装置会每隔 5 s 发送一次心跳包数据,防止因在 3~5 min 内无数据传输运营商禁用网络端口而导致断网,进一步完善了放射源实时监测设备的性能.

4　装置调试与实验结果分析

4.1　装置调试

初步研制了一块测试板,经过为期五个月的测试,该装置工作性能稳定可靠,能够实现对放射源监测与跟踪,以及异常数据报警功能.测试中借助网络调试助手人工搭建临时服务器.由于测试的环境是校园内网,在建立校园外网与内网的路由器映射关系的过程中会遇到权限访问问题,而软件新花生壳可以解决此问题.非校园网用户可以直接与服务器建立 GPRS 链接,两者结合使用以完成 GPRS 测试.图 4 为测试板实物图与实验效果图,红色框部分为压力传感器接口,与安装在储存放射源的金属载源箱盖接缝处压力传感器通过自定的接口规则与之相连.载源箱打开状态与关闭状态具有不同的压力数值,主控中心通过判断不同的压力数值判断载源箱的开启状态.



图 4 测试板实物与实验效果

Fig.4 Test board physical map and experimental results

4.2 实验结果分析

实验中采用放射性活度为 1.85×10^5 Bq,即 5×10^{-5} Ci,生产日期为 20081201 的^{137}Cs 放射源在附近环境温度 27 ℃,湿度为 32RH 条件下测量,计数时间为 1 s,照射量常数取 0.33 Rm.测量结果如表 1 所示.

表 1 ^{137}Cs 源测量数据

Table 1 ^{137}Cs source measurement data

实验序号	标准剂量率 /(mGy·h^{-1})	测得剂量率 /(mGy·h^{-1})	相对 /%
1	1.650 0	1.558 0	5.9
2	0.412 5	0.388 7	6.1
3	0.066 0	0.062 7	5.2
4	0.033 6	0.031 5	6.5

表中的四组数据分别是在距离放射源 0.1 cm、0.2 cm、0.5 cm、0.7 cm 的位置下测得的大量数据并取其平均值然后通过剂量当量率与计数率转换算法得出剂量率信息.结果表明:所得数据与标准剂量差误能够满足要求.

图 4 中间部分的每条数据格式为从字符“0”开始到“温度”前的逗号结束为 GPS 定位信息,之后的每部分信息都用‘,’作为分隔符,回车换行符为整条数据的结束.该数据能够被上位机解析并在相应的软件中显示出来.图 5 是借助了湖南省核三力工程技术有限公司开发的放射源电子定位管理系统服务器平台,实现了装置的在线监控与定位.该图仅作为实验效果展示,非该论文的研究内容,左上角数字为装置编号.

G-M 计数管能够响应的辐射能量范围相对其他探测器较小,决定了其只能在辐射相对较弱但又能危及人生命安全的场合使用,所以对电子设备的影响可以忽略.



图 5 GPS 定位与在线监控演示

Fig.5 Demonstration of GPS positioning and online monitoring

5 结 论

本发明的放射源远程监控与跟踪终端装置能够实现对放射源的跟踪定位、剂量率测量,所处环境参数测量与储存设备密封性检测,并通过 GPRS 网络传输数据包至远端监控中心计算机服务器.监控中心利用相应的计算机软件即可方便查看与分析放射源的运输、存放、使用情况,从而实现了放射源的有效远程监控与跟踪.

参考文献:

[1] 刘健,杨斌.秦山核电基地外围环境 γ 辐射连续监测系统[J].核电子学与核探测技术,2005,25(5):296-304.

[2] 胡创业,赵立宏,郭兰英,等.基于 MSP430 的表面污染测量仪[J].南华大学学报(自然科学版),2005,29(2):19-22.

[3] 周江.STM32 单片机原理及硬件电路设计研究[J].数字技术与应用,2015(11):1-2.

[4] 于群,等.原子核物理实验方法[M].北京:人民教育出版社,1961,75.

[5] 陈丽娜,李兰君,杨彬华,等.一种新型的长距离 X-γ 剂量率监测仪的研制[J].核电子学与探测技术,2011,31(1):120-123.

[6] 阮千奇.利用 LMV792 制作差分前置放大器以提高光电转换的信噪比[J].电子产品世界,2006(10):91-92,94.

[7] 杨旭,董丽华,邵英秋.基于 GPRS 个人剂量仪控制系统的硬件设计[J].吉林大学学报(信息科学版),2012,30(6):642-649.

[8] 江敏.基于 GPS/GSM 的远程定位监控系统设计[D].成都:西华师范大学,2016.

[9] 许伦辉,彭立.基于 GSM 和 GPS 的车辆异常监控系统设计[J].信息技术,2015,(2):16-18,21.

[10] 熊欣,卢朝东.基于 GPRS 的核辐射环境监测系统设计[J].计算机测量与控制,2012,20(7):1773-1774,1777.

(上接第 79 页)

[11] 阎实,胡明,时雨荃,等.表面活性剂对导电 PPy 固体铝电解电容器性能的影响[J].天津大学学报,2003,36(5):543-547.

[12] 田素坤,王湘江.导电聚合物驱动器悬臂梁模型建立及柔性抓取装置设计(英文)[J].传感技术学报,2016,29(4):489-494.

[13] 刘怀民,王湘江,尚星良.弯曲型导电聚合物驱动器逆模型控制[J].传感技术学报,2016,29(10):1522-1528.

[14] 金建国,王冬.基于正交试验的切削参数优化研究[J].制造业自动化,2015,37(2):96-98.

[15] JOHN S W,ALICI G,COOK C D.Validation of resonant frequency model for polypyrrole trilayer actuators[J].Ieee/Asme Transactions on Mechatronics,2008,13(4):401-409.