

便携式油井环境监测及气体检测系统设计

唐海洋 刘梦珂

(西安工程大学电子信息学院 西安 710048)

摘要: 为了提高油井的安全生产水平和其环境的监控力度,提出了一种以 STC12C5A60S2 微控制器、NRF24L01 无线通信模块和无线 AV 模块为核心的便携式油井环境监测及气体检测系统的设计。它利用 STC12C5A60S2 芯片的 A/D 转换功能和气体传感器来采集气体的浓度,用带云台的摄像机采集环境画面,通过 NRF24L01 无线发送模块和无线 AV 数据传输模块,将采集的浓度数据和环境画面传输到手持显示终端上进行显示。实验结果表明装置可以实时传回环境画面和准确的气体浓度,误差结果在允许范围内。该装置的使用,有利于确保检测人员的人身安全、检测效率及检测的精度,实用性强。

关键词: STC12C5A60S2;无线 AV 模块;气体传感器;NRF24L01

中图分类号: TP277 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

Design of portable oil well environment monitoring and gas detection system

Tang Haiyang Liu Mengke

(School of Electronic and Information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: A design of the portable oil wells environment monitoring and gas detection system based on STC12C5A60S2 microcontroller, NRF24L01 wireless transmission module and a wireless AV module is proposed to improve Environmental monitoring efforts and the safety production of oil well, which uses gas sensors and the STC12C5A60S2 chip A/D conversion function for data collection, getting the real-time environmentally images captured by the camera with the PTZ. The acquired data and real-time images are transferred to the handheld terminal display by NRF24L01 wireless transmission module and a wireless AV module, and experimental results show that the device can real-time returns environmental picture and the accuracy of the gas concentration. The error is allowed. The use of the device is good for enhancing the safety of detecting person and detection efficiency, and ensuring the detection accuracy, which has good practicability.

Keywords: STC12C5A60S2; wireless AV module; gas sensor; NRF24L01

1 引言

石油的开采和石油产品具有其一定的特殊性。近几年来,由于石油及其产品在加工储存和使用过程中的意外,导致泄漏等事故时有发生,很多有机化合物(挥发性有机气体、半挥发性有机气体)会产生危险气体,对环境和工作人员的生命安全带来危害。以往检测油井安全的方法是通过手持式的气体检测仪通过吸泵采集井内的空气样本,然后检测危险气体是否超标,这在某种意义上讲,这种方法检测到的浓度是改变后的危险气体的浓度,而且也不能实时的监测油井内的环境状况,这样误差会比较大,且

在一定程度上会影响判断的精准性^[1-2],因此研制一种便于携带的、能实时监测油井环境且能检测有害气体浓度并将环境信息无线传输给在安全范围内的现场工作人员的系统是具有重要现实意义的,不仅可以及时地提醒工作人员及时采取措施,降低事故的发生率还能有效地保障安全生产。

2 系统的总体结构设计

考虑到油田油井的环境状况和井下工作的特殊性和危险性,不同的考虑角度以及不同的控制方式,则会采用不同的检测设备去保证油井的安全高效的运转,常见的有手持

的有毒气体检测仪 PGM-1700、FTD-200 等^[3-4]。因此设计的总体方案是采用无线控制的智能小车为载体,搭载无线图像传输模块和带云台的低照度、高画质摄录功能的微型摄像机以及气体传感器,以实现油井工作人员在下井工作之前,通过遥控小车先进入工作现场检查环境状况而不需

要工作人员先采集空气检测或者采用手持式的危险气体检测仪去检测工作环境的安全^[5-6]。以此可以达到维护油井高效运作的同时又保证了工作人员的人身安全的目的。此设计是以 STC12C5A60S2 为控制核心,由单片机的外围电路、电源电路等组成,如图 1 所示。

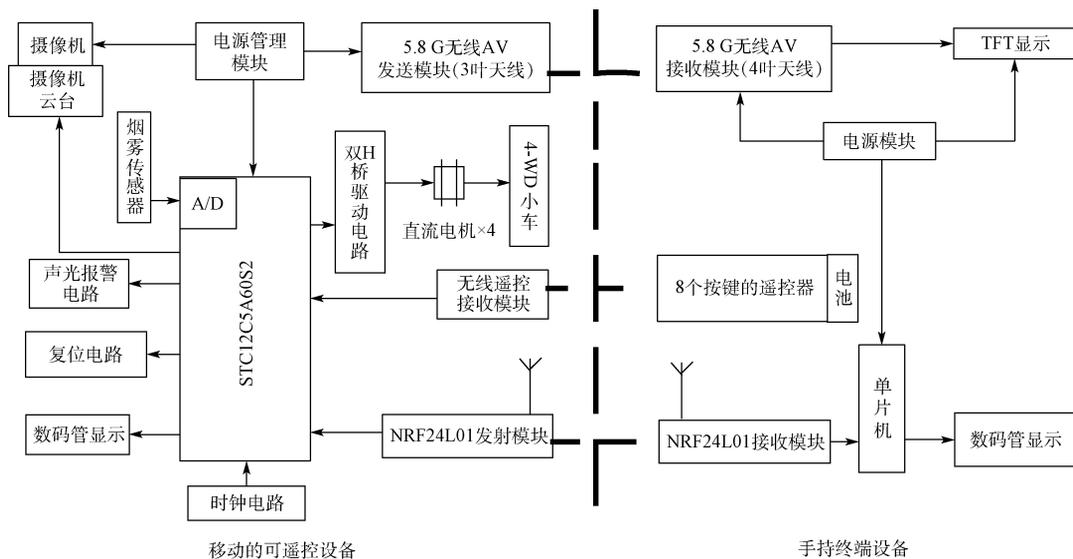


图1 系统硬件结构

其工作原理为:油井工作人员在下井工作之前,将带有环境监测和气体检测设备的四驱动小车,通过手持终端来操作小车先到达井下环境,操控摄像头的云台来实时的观察油井的环境,将采集的实时的环境画面传到无线 AV 模块,然后发送到手持终端上进行显示;同时气体传感器检测当前环境下危险气体的浓度,并通过 12C5A60S2 中的 A/D 转换功能进行采集,转换后的数据在小车的数码管上显示并将此数据传到 NRF24L01 的发送模块,然后发送到接收端,收到数据后使其在手持终端上也显示危险气体浓度,如果环境的危险气体浓度高于操作人员设定的初始的安全气体的浓度,那么报警电路便会开始工作;如果工作环境安全,那么操作人员就可以安全进入,这样以便工人们可以清楚地知道工作环境现状。

3 系统的硬件设计

3.1 中央处理单元

中央处理单元直接或间接地控制着整个装置的正常工作,主要包含:CPU、RAM、时钟电路、晶振电路、声光报警电路、数码管显示电路、电机驱动电路、电源模块等部分组成。

在此次装置中的中央单元的 CPU 选用的是 STC 公司的 STC12C5A60S2 系列的单片机,此次列的芯片是 STC 生产的单时钟/机器周期(1T)、高速、低功耗、超强抗干扰的增强型 8051 单片机,片上集成 1 280 字节 RAM,指令代码完全兼容传统的 8051,但是其速度要比传统的 8051 速

度快 8~12 倍。内部集成 MAX810 专用复位电路、2 路 PWM 输出、8 路高速 10 位的 A/D 转换、转换速度 25 万次/s,双全双工串行通信接口和 SPI 串行接口等功能。因此选用此处理器不仅可以减小体积,又可以减少成本,设计合理,可以减少系统的功耗。

3.2 电源管理模块

电源管理模块的设计对本装置的正常运行相当的重要,因此对于此便携装置的电源模块决定着其每次工作的时间和效率。由电学知识功率 $P=UI$ 可知,负载的功耗与其工作的电压和电流成正比,因此在保证此系统的正常、可靠地工作的前提下应尽量选择较低的工作电压和电流。气体传感器、摄像机、无线 AV 信号传输模块以及单片机和程序烧录电路均采用 5 V 电压供电,通过 LM7805 将 7~9 V 转化为 5 V 得到,NRF24L01 无线数据传输模块的供电由 SPX1117-3.3 芯片将 5 V 的电压转变为 3.3 V,同时给其他的外围电路供电,以降低系统的功耗。电源管理模块主要包括电压转换滤波稳压电路,电源电压的指示电路及其外围电路。

3.3 系统的数据采集模块介绍

本系统的数据采集模块包括 2 个部分:AV 信号的采集^[7-9]和气体信号的采集^[10-13]。对于本系统的 AV 信号的采集是通过带云台的摄像机与 5.8 G 的无线 AV 传输模块连接,将摄像头采集的环境的信号传送给无线 AV 传输模块,信号经过无线 AV 模块处理后,再进行发送。

第二部分的信号采集是气体传感器的信号,采用的传

传感器的型号是 MQ-135,其使用的气敏材料是在清洁空气中导电率很低的 SnO₂,在环境中的气体有污染时,传感器的导电率会随其污染程度的增加而增大,这样电导率的变化会通过简单的电路转化为与气体浓度相对应的电压信号输出,MQ-135 对氨气、硫化物、苯系蒸汽的气体的灵敏度高,对烟雾和其他有害气体的检测也相当理想,检测的浓度范围在 10~1 000 ppm. 检测气体的灵敏度可调且该传感器的模块可以输出模拟信号和数字信号,数字信号用于模块上的监测指示灯,模拟信号输入单片机,经过单片机的 A/D 转换通道转换,然后通过单片机将其传给 2.4 G 的 NRF24L01 模块,进行数据传送。

3.4 系统的手持终端的介绍

对于本系统的手持终端包括 3 个部分:AV 信号的显示、环境气体浓度的显示和无线控制遥控器。

AV 信号的显示是通过 AV 信号的接收模块接收,再将接收来的 AV 信号接入 4.3 寸的 TFT 彩屏,再给 TFT 屏幕供电就可以正常显示实时的环境界。

环境中有害气体的浓度显示是将转换后的数据通过 24L01 发送模块发送到接收模块,然后通过 CPU 处理用数

码管显示出来。

无线遥控器是与 8 路无线接收模块配对的,此次设计将遥控器的 8 个按键中 1~4 分别设置为控制小车^[14]的前进、后退、左转和右转,且重复按 1~4 的每一个按键,是对应的功能的停车按键;5~8 分别设置控制摄像机云台的 2 个舵机^[15-17];6 是控制云台基座的左转和右转,且每按一次按键,基座会转动一定的角度,此次设计的是每按一次,基座向左或向右转 10°;7、8 分别控制摄像头的仰视和俯视,每按一次按键,控制头部的舵机转的角度也是 10°;如果一直按着 5~8 中的任何一个按键,那么舵机会一直持续动作,直至满足要求。

4 系统的软件设计

本系统充分利用了 STC12C5A60S2 的丰富资源来实现软件的操作,其程序主要由系统的初始化、数据的采集与转换、数据的传输、小车的运动控制、云台舵机的动作控制、声光报警控制、显示数据几个部分组成。小车的核心软件设计流程,如图 2 所示,手持终端的软件设计流程图,如图 3 所示。

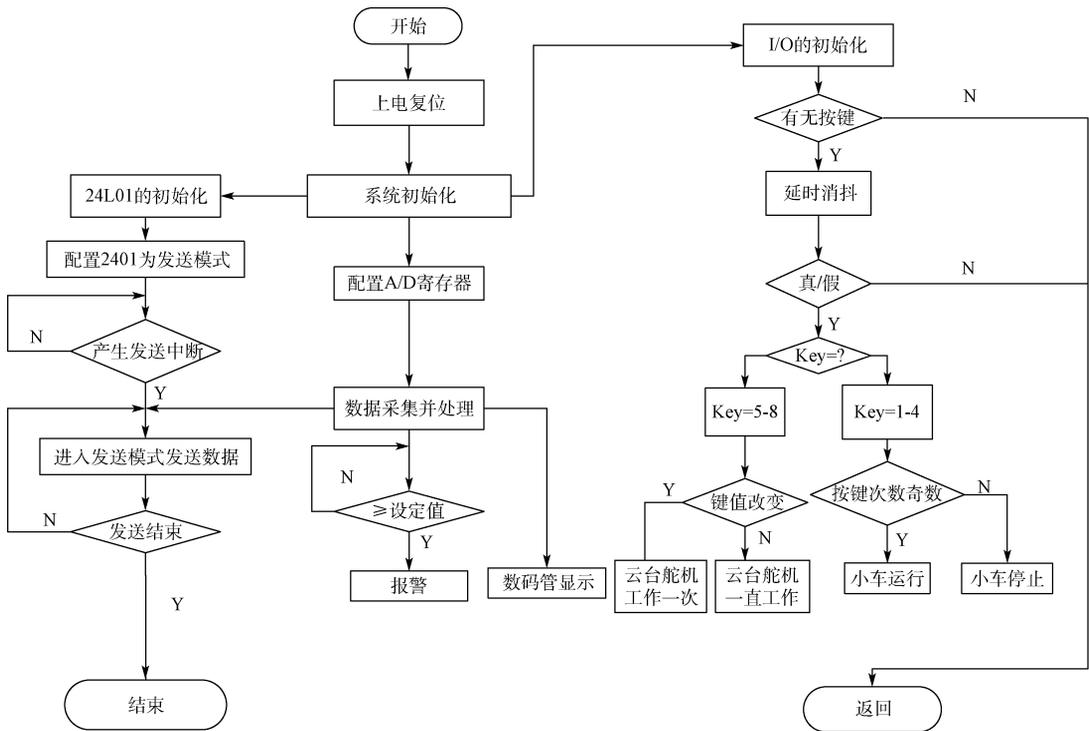


图 2 4-WD 小车的核心软件设计流程图

5 调试结果

此系统在室内环境测试,先用酒精传感器进行实验,测试结果如表 1 所示,其基本满足理论的要求,然后换成气体传感器对环境的有害气体的进行检测,测试结果也满足工业现场的安全理论要求,数据传输模块 nRF24L01(带

天线)在室内环境传输距离 55 m(多次改变距离得出的数据传输的有效距离),由表 1、可以看出,在室内大于 55 m 数据的传输丢失情况严重,而且通过观察显示屏,环境画面也开始模糊。但是小车的遥控可控距离是完全满足系统有效传输的距离要求,整个装置也满足当初理想设计的要求。实验设备如图 4 所示、测试的数据如表 1 所示。

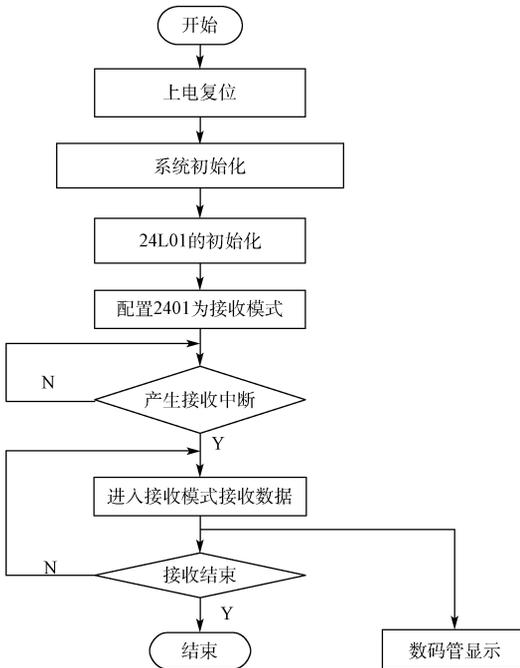


图3 手持终端的软件设计流程

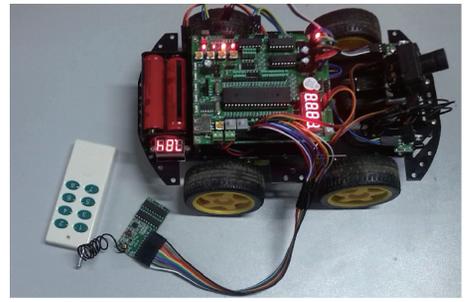


图4 初期的实验实物

有效按范围内能稳定地接收并显示数据,能够有效地提高对环境安全监测质量。但是为了更好地满足工业现场的需求,该设计只是个实验设备,还需要进一步的提高、改进和完善,才能在工程上具有更广泛的实际应用价值。

参考文献

- [1] 陈燕,陈阳. 基于 ARM 的井下便携式多气体检测仪研究[J]. 仪表技术与传感器,2014(3):20-22.
- [2] 徐大诏,李正明. 基于 STM32 的便携式矿用多气体检测仪的设计[J]. 仪表技术与传感器,2014(3):14-16.
- [3] 周鹏辉,王献忠. 基于 MSP430 的便携式四合一气体检测仪[J]. 仪表技术与传感器,2012(11):77-79.
- [4] 陈新,孙亚玲. 如何选择和使用气体检测仪[J]. 现代职业安全,2010(102):93-95.
- [5] 张军,刘筠筠. 基于 nRF24L01 的多点无线测温系统[J]. 电子世界,2013(14):66-67.
- [6] 王昆明. 基于 AVR 单片机便携式烟气检测仪设计[D]. 郑州:郑州大学,2013:64.
- [7] 张传真,张莉,江建军. Android 平台无线视频监控小车的设计[J]. 电子测量技术,2013,36(10):19-22.
- [8] 徐迎曦,李传锋,张亚威. 基于无线图像传输的真能侦查系统研究[J]. 计算机与自动化,2013(3):46-51.
- [9] 王岩. 视频信号采集与网络传输系统的研究与实现[D]. 大连:大连海事大学,2011:96.
- [10] 唐先登,杨经国,李贺威,等. 基于 nRF24L01 的多点无线环境监测系统的设计[J]. 电子设计工程,2015(5):81-83,90.
- [11] 唐中一,王明胜,舒领. 基于 NRF24L01 远程数据采集系统设计[J]. 自动化与仪器仪表,2011(4):44-45.
- [12] 卢庆林. 基于单片机 MPS430F 的无线通信系统设计[J]. 国外电子测量技术,2014,33(12):74-77.
- [13] 陈健,凌振宝,陈鹏飞,等. 近红外光谱仪数据采集系统的研制[J]. 电子测量技术与仪器学报,2013,27(1):72-77.
- [14] 李梦红,李捍东. 基于 STC89C52 单片机的无线遥控小车设计[J]. 自动化与仪表,2015(6):138-140.

(下转第 153 页)

表1 训练测试实验数据

气体种类	距离/m	配气浓度	现场显示	检测浓度
C ₂ H ₅ OH	10	10	11	11
	30	30	31	31
	50	50	50.5	50.5
	60	75	76	67
SO ₂	10	10	11	11
	30	30	31.5	31.5
	50	50	51	51
	60	100	99	72
NH ₃	10	10	11.3	11.3
	30	30	31.4	31.4
	50	50	51	51
	60	100	99	70
H ₂ S	10	10	11.5	11.5
	30	30	31	31
	50	50	51.5	51.5
	60	100	99	73

6 结 论

本文提出了便携式油井环境监测及气体检测系统,详细的介绍了系统的构架和系统控制终端。用户可以通过无线控制终端能实时地观察油井内的环境信息。调试的结果证明,该设计不仅能够快速、准确地采集信息,而且在