

# 基于 MSP430 单片机的可燃气体探测器设计

毛文安, 张海峰

(杭州电子科技大学电子信息学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 该文利用 TI 公司最新的 MSP430FG439 单片机和 NEMOTO 公司生产的催化燃烧气体传感器, 设计了一个可燃气体探测器, 实现了高精度测量和智能化处理。传感器检测电路采用惠斯通电桥, 通过仪用运放和双极性数控电压源来降低电桥电压失配对于小信号检测的影响, 极大的提高了测量精度, 并给出了气体检测电路、红外通信电路、电源管理电路及单片机软件设计。目前, 该探测器已广泛应用于石油、化工等行业, 工程实践证明应用效果良好。

**关键词:** 可燃气体; 探测器; 催化燃烧

中图分类号: TN401

文献标识码: A

文章编号: 1001-9146(2007)06-0021-04

## 0 引言

在炼油厂、化工厂等众多作业环境中不可避免地会有可燃性气体泄漏, 若泄漏的气体浓度积累到一定的爆炸极限, 则随时可能发生火灾等恶性事故。因此, 对可燃气体的检测在人们的日常生活和工作中具有极其重要的作用。然而, 目前国内外的可燃气体探测器, 电桥检测电路大部分采用直接通过普通运算放大器输出, 没有考虑电桥失配对测量精度的影响, 加之采用的传感器普遍存在选择性、稳定性差且离散性较大等缺陷, 造成测量精度不高<sup>[1]</sup>, 为此, 采用了 NEMOTO 公司生产的一致性和稳定性较好的催化燃烧气体传感器, 通过仪用运算放大器和双极性数控电压源减小电桥失配的影响。它不仅具有报警限设定、控制输出功能, 而且具有红外通信、故障自诊断功能, 能够在  $-40 \sim 70^{\circ}\text{C}$  的范围内正常测量。

## 1 硬件设计

本文采用 MSP430FG439 单片机作为探测器核心处理单元<sup>[2]</sup>, 时钟、A/D、D/A 转换器、LCD 驱动器、温度传感器全部采用内置, 减少了外部器件数目, 降低了系统成本。

探测器的系统工作框图如图 1 所示。为方便获取气体浓度信息, 设计了一个智能小巧的遥控器与探测器进行红外通信, 可以对探测器进行调零和标定等操作。探测器硬件电路包括气体传感器及信号调理电路、LCD 液晶显示、电源管理电路、RS485 信号输出电路、红外通信电路、继电器输出电路、声光报警电路等<sup>[3]</sup>。

### 1.1 气体传感器检测模块

传感器是气体检测系统的核心, 本设计采用了 NEMOTO 公司的 NP-17 催化燃烧传感器。其测量范围在  $0 \sim 100\% \text{LEL}$ , 具有优越的零漂移和灵敏度的长期稳定性, 对接触的有害物质具有很强的抵抗力<sup>[4,5]</sup>。气体检测一般采用惠斯通电桥作为检测单元, 如图 2 所示。正常情况下, 电桥是平衡的, 输出电压为零。如果有可燃气体存在, 它的氧化过程会使测量桥被加热, 温度增加, 电阻阻值发生变化, 此时

收稿日期: 2007-03-27

基金项目: 浙江五〇二所基金项目资助(KYH053106007)

作者简介: 毛文安(1982-), 男, 广西桂林人, 在读研究生, 电子系统集成。

参比桥温度不变,这样电桥失去平衡,输出的电压同待测气体浓度成正比。

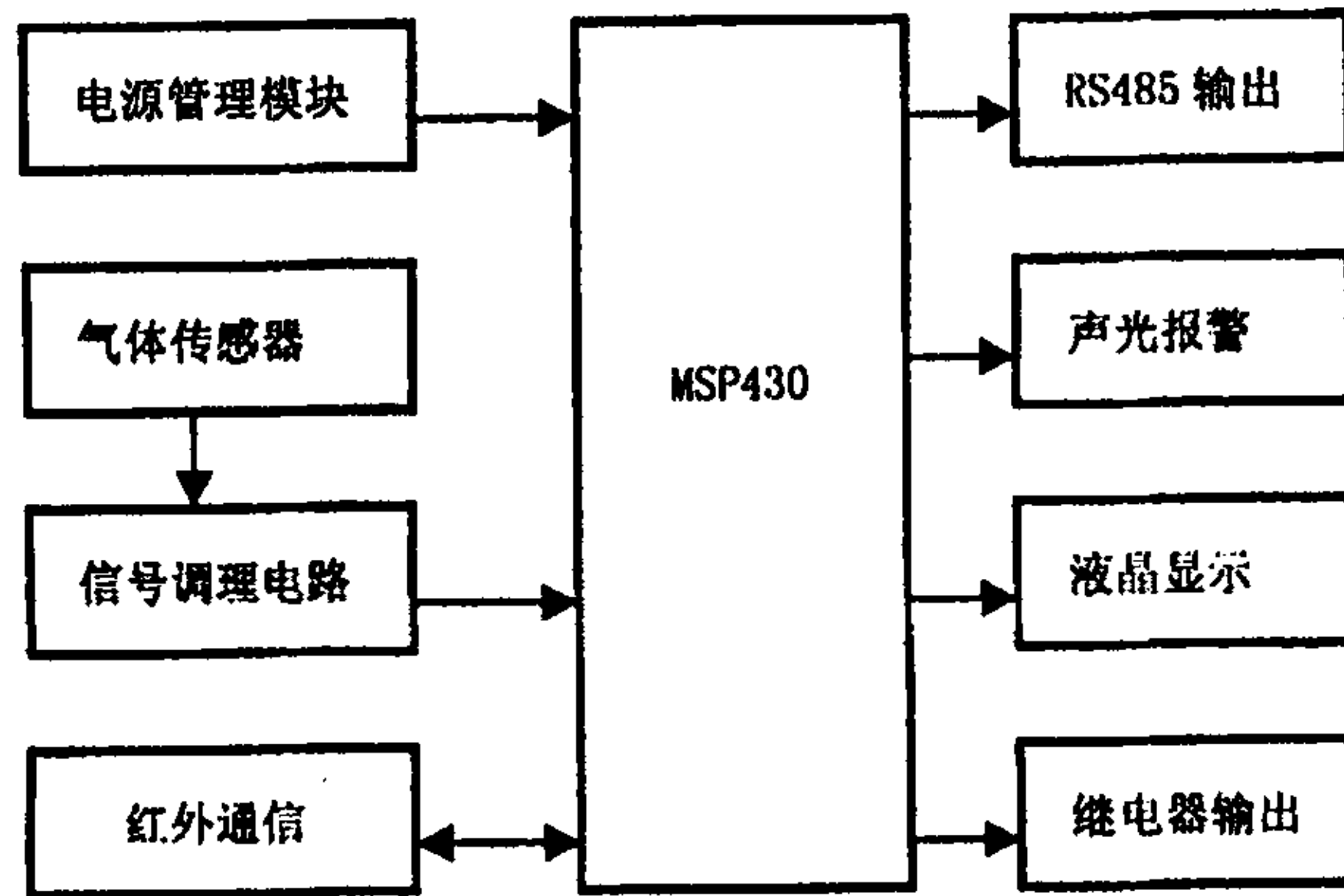


图1 系统工作框图

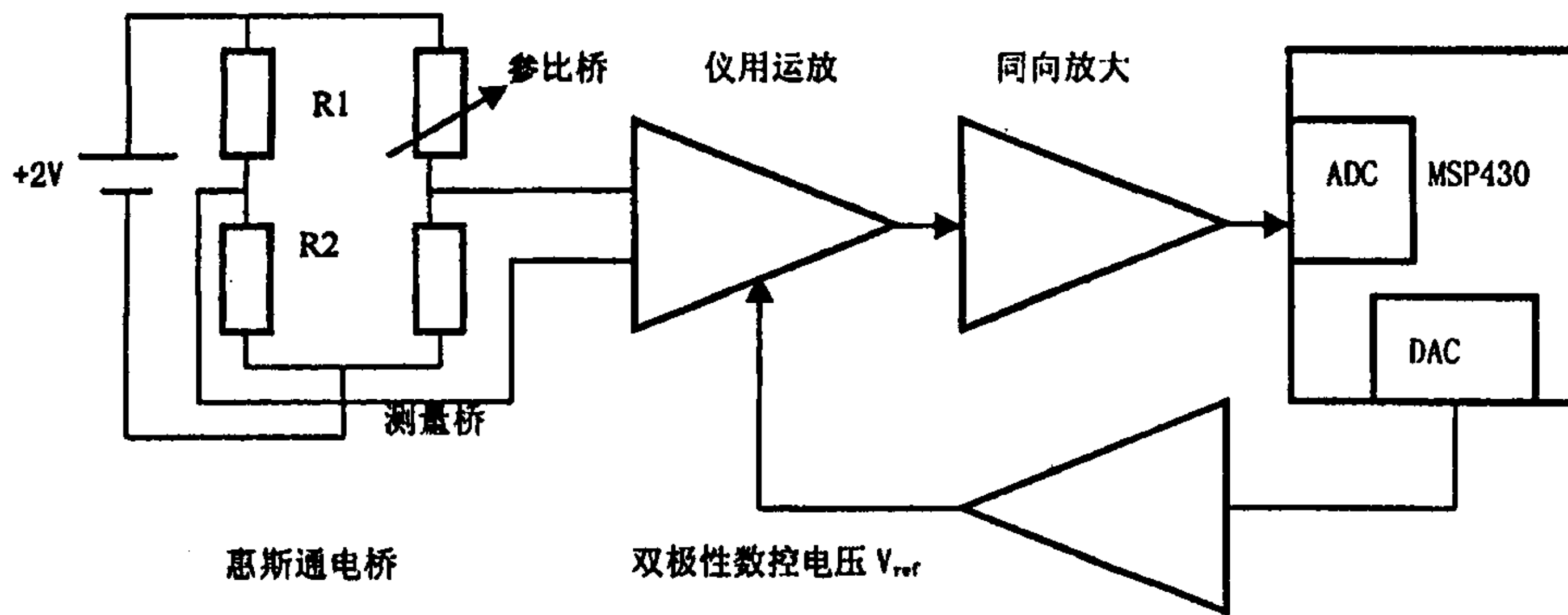


图2 气体检测模块

根据催化燃烧传感器原理,电压信号从电桥输出后,由于从桥臂节点直接输出的电压除有信号成分外,还有直流偏置成分,可以通过仪用放大器内部的差分电路去除信号的直流偏置成分。同时,传感器两臂电阻很难精确匹配,会产生电桥失配电压,幅度最大可以达到 $\pm 50\text{mV}$ ,与有效信号相比非常显著,甚至在低浓度、弱信号的情况下,还会超过信号的幅值。为了减少电桥失配对于小信号检测的影响,宜采取在仪用运算放大器上提供正负极性可调的参考电压,通过其片内的差分运算电路来降低电桥失配电压,这个参考电压(双极性数控电压 $V_{\text{ref}}$ )由MSP430内置的DAC转换器产生。

### 1.2 红外通信模块

工业现场的仪表大多放在比较高或者不太方便观察到读数的地方,本探测器配备了一个红外遥控器,可以轻松获取浓度、温度以及报警记录等相关信息,实现了智能化。探测器和遥控器之间的通信是通过红外收发管完成的,如图3所示。当需要发送数据时,单片机将数据经Tx由红外发送管发送给遥控器;接收数据时,红外接收管接收到数据后,经Rx送到单片机进行处理。红外遥控器的工作距离在3m以内,发射/接收锥角为 $50^\circ \pm 20\%$ 。

### 1.3 电源管理模块

工业现场存在各种干扰,电源设计就显得至关重要。如图4所示,工业现场采用标准+24V供电,在电源输入端加保护电路(如瞬态抑制二极管TVS)来抑制静电和浪涌脉冲等干扰。经过LM2675ADJ将输入电压先降为 $V_s(+6\text{V})$ ,经LM2940后,可以得到+5V,再经过LT1962就可以得到系统需要的+3.3V。其中,+5V是供给运放和继电器的电源,+3.3V是MSP430和红外收发管的工作电压。由于采用

电源芯片的功耗非常小加上基于低功耗设计的软件,使得系统能够以极低的功耗工作。

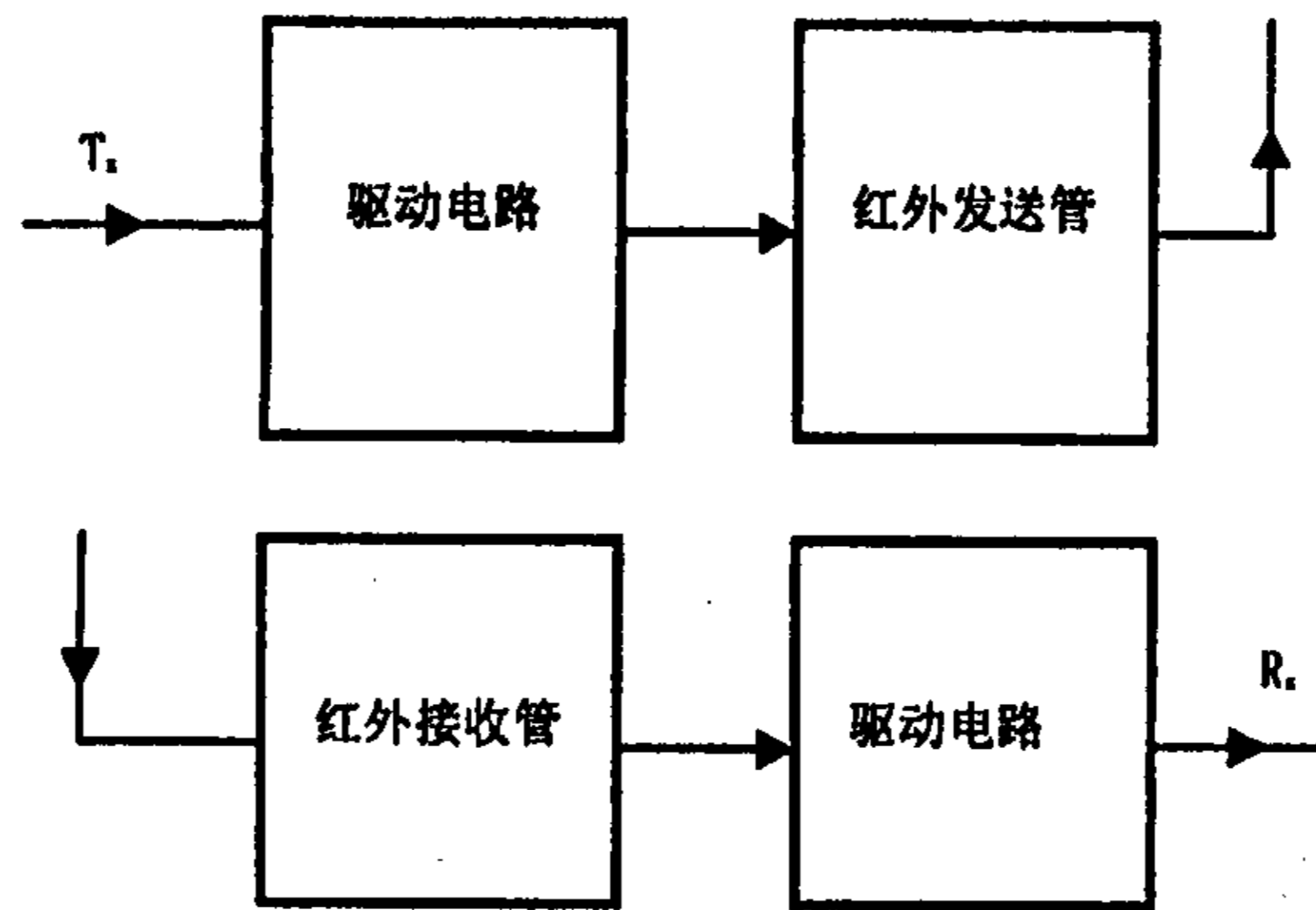


图 3 红外通信模块

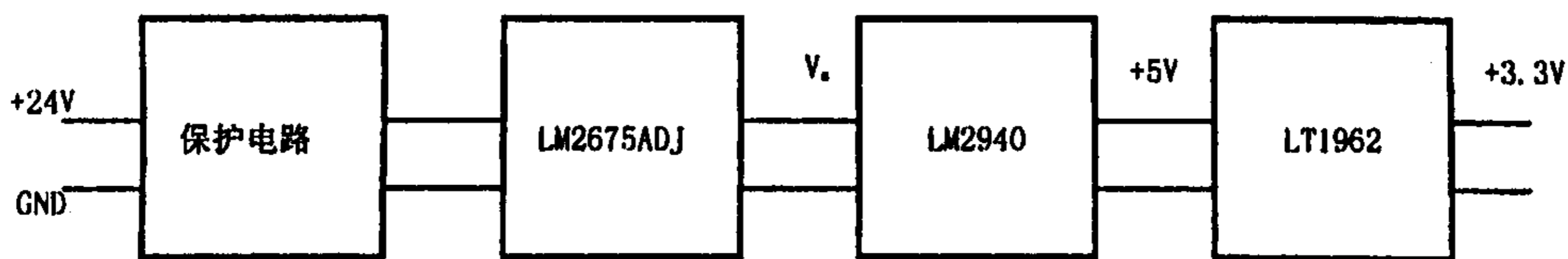


图 4 电源管理模块

## 2 软件设计

软件设计流程如图 5 所示。开机后首先进行系统初始化,液晶显示器的各段均点亮,同时继电器吸合、切断一次。之后,开始对待测气体进行测量。此时,通过遥控器可以进行相应功能的操作。如“同步”键可以读取当前探测器的浓度、温度、报警限、量程等信息,“调零”、“标定”键可以对探测器进行调零和标定。对数据的处理采用了浮点法,经过多次求和取平均值后再送液晶显示,提高了测量精度。同时为了提高气体测量的响应时间( $T_{90}$ ),在检测气体时加入了提高响应时间的快速算法,使得测量速度达到  $T_{90} < 5s$ 。

## 3 实验结果

探测器的测量范围为 0 ~ 100% LEL,采用  $CH_4$  气体在  $-40^{\circ}C$ 、 $25^{\circ}C$  和  $70^{\circ}C$  的温度条件下实验。在每个温度点下使用 4 种不同浓度的标准气体进行测试,测试数据如表 1 所示。

表 1 测试数据

标准气体浓度(%LEL)	探测器测量值(%LEL)		
	$-40^{\circ}C$	$25^{\circ}C$	$70^{\circ}C$
21.2	19.6	21.3	22.1
59.6	58.9	59.7	60.2
75.8	74.9	75.8	75.9
90	87.6	88.7	90.2

实验数据表明:系统的最大偏差只有 2.4% LEL( $-40^{\circ}C$ ),满足了实际应用要求。探测器测量准确度随温度和气体浓度的不同而变化,在常温条件下( $25^{\circ}C$ )测量值非常接近标准浓度,在  $70^{\circ}C$  时测量值

略高于真实值,  $-40^{\circ}\text{C}$ 时略低于真实值,这与传感器的微小非线性和整个系统的显示飘移有关,可以通过软件进行补偿或修正。在测试时发现通入标准气体的气流速度对测量结果有比较大的影响,这与传感器的静态和动态特性有关。为了更好的测量,实验时气流速度稳定在  $0.8 \pm 0.2\text{m/s}$ ,以不大于  $1\% \text{LEL}/\text{min}$  的速率增加气体浓度。

#### 4 结束语

本文采用功耗极低、性能强大的单片机 MSP430FG439,它内置了 A/D、D/A 转换器,温度传感器等,简化了电路,减小了体积,降低了系统成本。同时,芯片多采用贴片形式,质量轻、体积小,充分体现了整个设计的高精度、智能化、低功耗等特性。和传统的气体检测仪器相比,该智能可燃气体探测器具有线性补偿精度高、自校准功能稳定可靠等诸多优点。

#### 参考文献

- [1] 王艳菊,王玉田,刘静. CH<sub>4</sub> 检测系统微弱信号处理电路研究[J]. 仪表技术与传感器, 2006, 22(8): 41 - 43.
- [2] 胡大可. MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000: 3 - 85.
- [3] 杨琳. 智能可燃气体探测控制器的设计[J]. 无锡职业技术学院学报, 2006, 5(4): 35 - 37.
- [4] Nemoto Inc. Technical Information Sheet: NP-17 Pellistor Gas Sensor[DB/OL]. www.nemototech.com, 2006-01-02.
- [5] 徐甲强, 韩建军, 孙雨安. 半导体气体传感器敏感机理的研究进展[J]. 传感器与微系统, 2006, 25(11): 5 - 8.

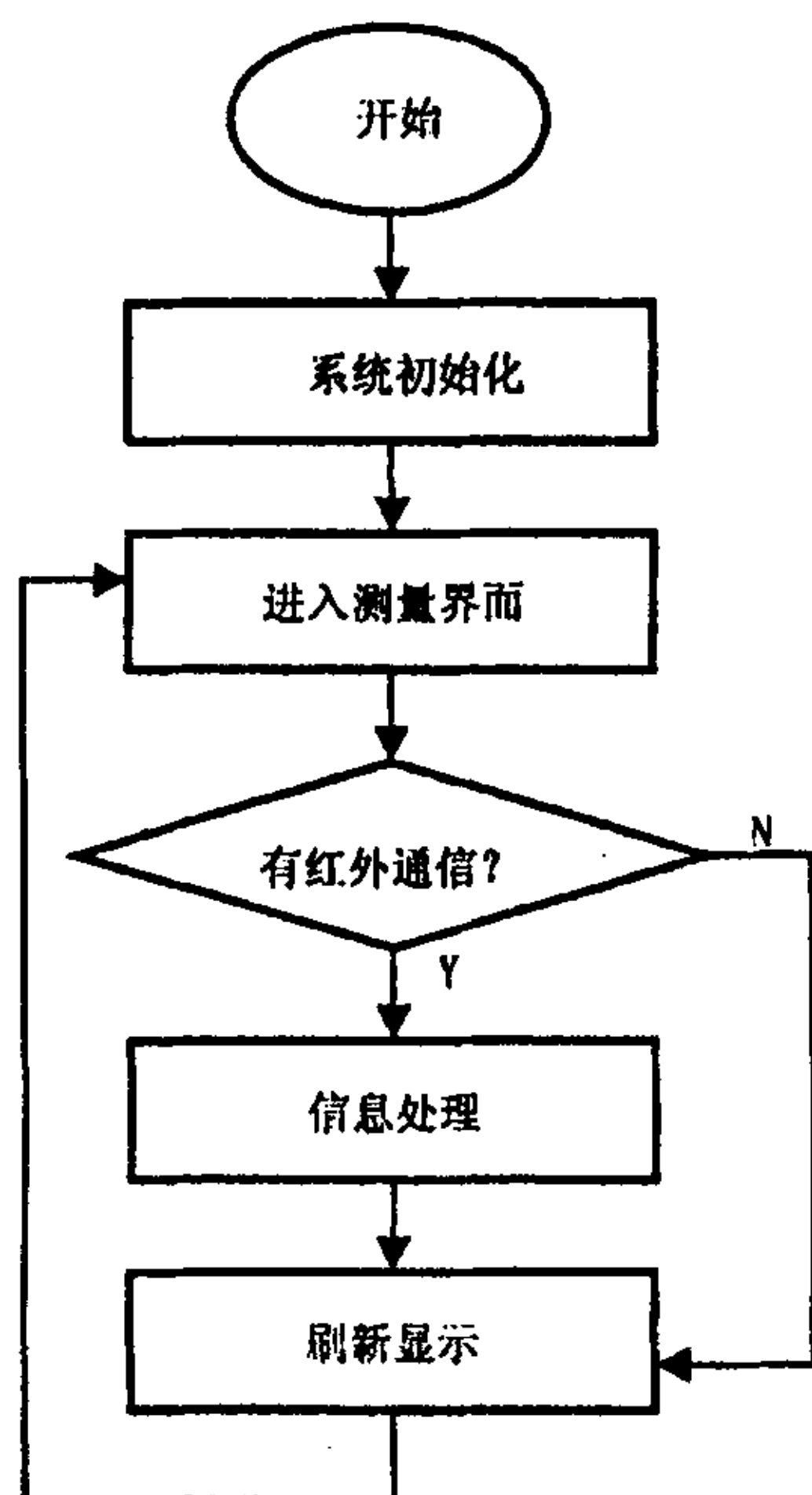


图5 系统软件流程图

## Design of Flammable Gas Detector Based on MSP430 Chip Microcomputer

MAO Wen-an, ZHANG Hai-feng

(School of Electronics Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou Zhejiang 310018, China)

**Abstract:** Use MSP430FG439 chip microcomputer from TI company and the catalyse burning gas sensor from NEMOTO company, to design the detector of flammable gas with high precision and intelligent. The sensor detect circuit use Wheatstone bridge, amplifier and double polarity voltage to decline the influence by bridge maladjustment, it can improve measure precision. The paper give the sensor detect circuit, infrared circuit, power management circuit and the design of software. The detector has been widely used in the petroleum, the chemical plant, it is estimated that it can do well.

**Key words:** flammable gas; detector; catalyse burning