

## 一种超低功耗便携式高斯计的设计

张 军,徐海宁,郑 强,刘 箐,刘晓松,白玉学,李玲玲,牟 丹,安银姬  
(沈阳仪表科学研究院,辽宁沈阳 110043)

**摘要:**从硬件和软件两个方面介绍了一种超低功耗便携式高斯计的设计方案。该方案在硬件上采用 HT7130 稳压芯片、STM8L152 单片机、TM7709 数模转换器以及 HT1621 液晶驱动器作为核心芯片,软件上以单片机进行电源管理,结合外围芯片的低功耗控制,最终达到了 1 000 h 的电池寿命。

**关键词:**超低功耗;便携式;高斯计;STM8L152;电池寿命

**中图分类号:**TH73 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-1841(2011)11-0098-02

## Design of Portable Gauss Meter with Ultra Low Power Consumption

ZHANG Jun, XU Hai-ning, ZHENG Qiang, LIU Zheng, LIU Xiao-song, BAI Yu-xue, LI Ling-ling, MU Dan, AN Yin-ji  
(Shenyang Academy of Instrumentation Science, Shenyang 110043, China)

**Abstract:** This paper introduced a design of ultra low-power portable gauss meter in terms of hardware and software. The design used the HT7130 regulator chip, STM8L152 microcontroller, TM7709 digital to analog converter and the HT1621 LCD driver as the core chip. And the design realized power management on the microcontroller, combined with low-power control of peripheral chips. It achieved 1 000 hours of battery life finally.

**Key word:** ultra low power consumption; portable; Gauss meter; STM8L152; battery life

### 0 引言

高斯计是用于测量磁场的仪器,在采矿、冶金、磁性材料生产等领域有着广泛的应用。目前国内的便携式高斯计产品存在一个重大缺点——电池寿命短,通常为 20~50 h。正常使用情况下,几天时间就需要更换电池。虽然部分高斯计可以用外接电源供电,但是在实际的现场应用中非常不便。干电池对环境的污染非常大,尤其在国内外垃圾分类回收还刚刚起步的情况下,废弃的干电池对环境的危害很大。根据这一市场需求,文中设计了一款超低功耗的便携式高斯计,采用 3 节 7 号干电池供电,电池寿命达到了 1 000 h。

### 1 主要硬件设计

设计的硬件部分主要由电源稳压、单片机、模拟信号调理、数模转换器、液晶驱动器等部分构成。主要硬件原理框图如图 1 所示。

#### 1.1 电源稳压芯片

在软件关机的情况下,由于电池没有与电路完全断开,因此不可避免的会产生一定的电流消耗。如果该电流过大,那么经过较长的时间以后,电池的电量也会耗尽。降低此电流的关键在于降低电源稳压芯片的静态电流,因此这部分采用 HT7130 低功耗串联稳压器作为电源稳压 IC。该芯片的静态电流仅为 5  $\mu\text{A}$ ,已经远低于普通碱性电池的自放电率,达到了超低功耗的要求。

#### 1.2 单片机

在设计中采用了 STM8L152 超低功耗单片机。该单片机可在 1.65~3.6 V 的电源电压范围内以最高速度运转。该单片机

分利用时钟门控技术,避免闲置的外设消耗电能。另外,得益于 EnergyLite 技术的采用,该单片机提供多个电源管理模式:5.1  $\mu\text{A}$  低功耗运行模式、3.0  $\mu\text{A}$  低功耗等待模式、实时时钟运行情况下的 1.2  $\mu\text{A}$  暂停模式,具有自动唤醒(AWU)功能的 0.9  $\mu\text{A}$  暂停模式,和 350 nA 停止模式。该单片机可在 4  $\mu\text{s}$  内从停止模式唤醒,使系统可频繁使用最低功耗模式达到节能目的。设计中,单片机在做数据处理时,工作电流约为 0.6 mA,工作时间占总时间的 3% 左右,97% 的时间里单片机处于接近于零功耗的停止模式下,因此平均下来单片机耗电仅为 20  $\mu\text{A}$  左右。

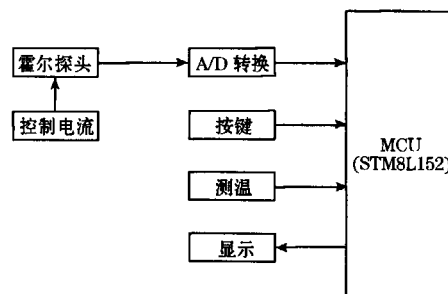


图 1 主要硬件原理框图

#### 1.3 模拟信号调理部分

传统设计中霍尔探头采用恒流供电,并使用运算放大器或者仪器放大器的对探头的微弱信号进行放大,再将放大后的信号送到 AD 转换芯片进行数模转换,整个信号流程中使用芯片较多,功耗较大。设计中采用了恒流基准一体设计,省去了恒流供电电路和探头放大电路,同时不降低测量的精度。

根据实际测试的结果,采用传统方案,该部分需要消耗电流 3~5 mA,而在设计中,该部分消耗电流仅为 0.5 mA 左右。

收稿日期:2011-07-04 收修改稿日期:2011-09-30

#### 1.4 模数转换部分

较早的便携式高斯计中采用双积分式模数转换芯片的居多,典型的如 ICL7106 以及 ICL7129,这类芯片集成了液晶驱动电路,现在主要用在面板显示表上。由于便携式高斯计不仅要完成测量显示功能,还要实现键盘接口、存储器接口、电源管理功能,因此这类芯片需要用硬件扩展这些功能,在便携式高斯计有限的空间内是很难完成的。这也是这类高斯计功能比较单一的原因。方案中采用了单片机控制,这些附加的功能已经完全由单片机来完成,而模数转换器只要完成其基本任务就可以了。

设计中采用的 TM7709 是应用于低频测量的单通道的模拟前端。该器件可以接收直接来自传感器的低电平的输入信号,然后产生串行的数字输出。利用  $\Sigma-\Delta$  转换技术实现了 24 位无丢失码性能。选定的输入信号被送到一个基于模拟调制器的增益可编程专用前端,输出的数字信号可以直接倍单片机读取。TM7709 只需 2.7 ~ 3.3 V 或 4.75 ~ 5.25 V 单电源即可工作,降低了对系统电源的要求。TM7709 是全差分模拟输入,带有一个差分基准输入,同时内部带有信号预放大器,可以通过指令设定增益,这样就省去了外部的运算放大器。TM7709 芯片内部结构确保器件具有极低功耗,并且还有掉电指令,可以使芯片进入接近于零功耗的等待状态,进一步降低系统的功耗。在 3 V 电源下,典型工作电流仅为 400  $\mu\text{A}$ ,等待状态电流 < 1  $\mu\text{A}$ 。

#### 1.5 液晶驱动芯片

设计中采用了具有较低功耗的动态液晶驱动芯片 HT1621,很多段式液晶模块中都采用它。HT1621 的功能丰富,可控能力强,外围电路简单,功耗较低,仅为 90  $\mu\text{A}$ 。

### 2 软件设计

以合理的硬件为基础,设计的软件部分在达到测量要求的情况下尽量降低系统的功耗。软件流程如图 2 所示。

#### 2.1 外围电源由单片机直接控制

探头供电、模数转换器、液晶驱动器的电源均由单片机直接控制,在软件关机时各部分电源可以完全关闭。

#### 2.2 单片机停止模式的充分利用

为了充分挖掘单片机的节电能力,软件中充分利用其丰富的节电和待机指令,使得单片机在绝大部分时间处于停止状态,耗电 < 1  $\mu\text{A}$ ;在模数转换结束后,单片机被立刻唤醒进行数据处理工作,将结果数据送显示,而后再次进入停止状态。根据实际的测算,单片机部分的平均耗电不足 20  $\mu\text{A}$ 。

#### 2.3 按键部分的低功耗处理

方案中的按键直接与单片机的 IO 口相连,平时处于停止状态。一旦检测到按键动作,立即对相关的寄存器进行初始化,并启动定时器进行按键去抖处理。待按键结束以后,关闭定时器,按键部分继续维持停止状态,由于实际应用中绝大部分时间按键处于停止状态,因此按键部分耗电基本可以忽略。

#### 2.4 定时关机功能

为了避免由于用户疏忽导致电池电量耗尽的情况,软件中设计了定时关机功能,在无按键操作的情况下 30 min 后会自动

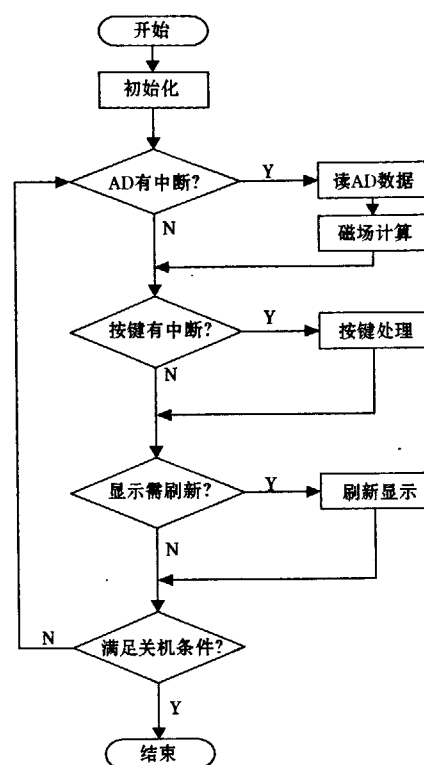


图 2 软件流程图

关机;考虑到用户连续测量的需要,还可以通过在开机时按下特定按键将自动关机时间延长到 24 h。以上设计不仅方便了用户的使用,也在最大程度上降低了电量的消耗。

#### 2.5 低电检测和处理

这部分设计是为了在电池低电的情况下通知用户及时更换电池以免影响测量结果。在 STM8L152 单片机中集成有电源电压监测电路,可以通过软件读取电压采样引脚的状态。当监测到电源电压低于预设值,软件在液晶屏上显示电池低电报警标志,并在 5 min 后自动关机。如果在开机时监测到电池低电,则在短暂报警后直接关机。低电监测的硬件部分耗电极低,在 5  $\mu\text{A}$  以下,并且不是时刻工作的,而是由软件控制每隔 2 s 采样 1 次,因此该部分的功耗可以忽略不计。

### 3 设计样机性能

经过实际测试验证,设计的样机达到了预订的设计目标,各项指标达到了国产便携式高斯计的领先水平。其主要技术参数如下:

- (1) 测量范围: DC0 ~ 2T, 最高分辨率: 0.01 mT
- (2) 显示方式: 4 位 LCD, Max/Min/ $\Delta\text{Rel}/^\circ\text{C}$ , NS 磁极显示
- (3) 准确度:  $\pm(2\% \text{ F.S.} + 2\text{digit})$
- (4) 电源: 3 节 7 号电池(AAA)
- (5) 工作电流: 约 1.0 mA
- (6) 电池寿命: 约 1 000 h

### 4 结束语

经过精心的硬件和软件设计,圆满达到了预订的设计目标。其超低功耗的设计带来的超长的电池寿命,处于国内领先水平,在国外产品中也极少见到。

(下转第 103 页)

录到 FLASH 中。当电路启动的时候,DSP 会启动 BOOT 过程,将 BOOTIMAGE 文件从 FLASH 中下载到程序 RAM 中开始执行,实现所需的功能<sup>[4]</sup>。

2.4.2 粗集-BP 神经网络的学习程序

在 PC 机上运行,编程语言采用 MATLAB。在通过上述的 BP 神经网络算法,完成网络的训练学习。汇编产生的目标文件链接到链接器生成目标代码,在 CCS 的仿真调试运行。由评估板的模拟输入信号接口,加载一个单位阶跃信号,经过 A/D 转换,形成数字信号输入 DSP。

3 预测结果分析

将要进行处理的数据利用 Matlab 程序进行粗神经网络的模拟。利用 trainlm 函数作为 BP 网络训练函数,默认的为 trainlm,learnkd(基于梯度下降法的学习函数)为权值和阈值的 BP 学习算法,默认的为 learnkdm(梯度下降动量的学习函数)<sup>[5]</sup>结果如图 6 所示,训练参数如表 4 所示。

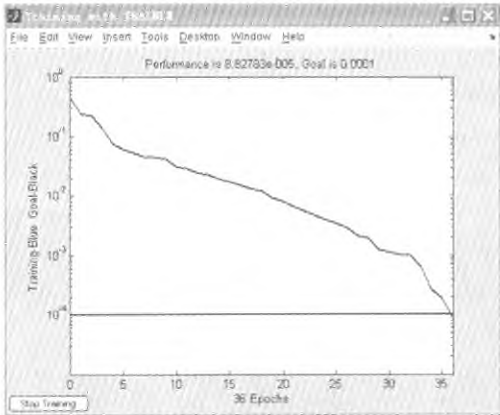


图 6 网络训练效果

表 4 训练参数选择

训练次数	训练精度范围	训练学习速率
500	0.000 1	0.1

将经过训练后的网络再次利用该网络对样本进行预测,用表 3 得出的属性简约后的训练测试样本,文中选取前 9 组数据为训练样本,10、11、12 组作为测试样本,结果如表 5 所示。

表 5 经 BP 网络预测样本输出

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
预测	0.993 2	0.998 5	0.012 6	0.002 4	0.988 4	0.982 4	0.014 5	0.001 1	0.003 1
结果	0.001 5	0.001 4	0.985 4	0.997 0	0.012 7	0.020 0	0.982 6	0.998 9	0.997 8

(上接第 99 页)

参考文献:

[1] STMicroelectronics,STM8L15x\_datasheet,[EB/OL].[2010-07-10],<http://cnpdf.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/403739/STMICROELECTRONICS/STM8L15.html>.  
[2] STMicroelectronics,STM8L15\_16x\_Reference\_Manual,[EB/OL].[2010-09-09],<http://www.st.com/stonline/products/literature/>

预定目标见表 6。

表 6 样本实际结果

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
实际	1	1	0	0	1	1	0	0	0
结果	0	0	1	1	0	0	1	1	1

经过对比可以看出,网络的训练效果非常好,精度明显比传统单一的神经网络预测方法高很多。利用上述方式可以对需要预测的数据进行预测,结果见表 7。

表 7 预测结果输出

序号	10	11	12
预测	0.002 0	1.000 0	0.001 7
结果	0.997 8	0.000 0	0.998 4
	无突出危险	有突出危险	无突出危险

4 结束语

文中提出了一种基于 DSP 和粗集-BP 神经网络算法的瓦斯突出预测系统,该系统实现简单,可以迅速发现突出危险性。从上述的实验结果可知,煤与瓦斯突出与多种原因有关,并且各关系之间存在着高度的非线性关系,使利用传统的方法对其进行模拟出现了很多困难,并且预测的速度和精度都受到了很大的限制。基于粗神经网络对煤与瓦斯突出预测在理论与实际应用中完全可行。仿真结果表明:采用 RS 作为神经网络的前端预处理器,进行数据的属性约简、冗余样本去除、权值配置等预处理后,提高了训练样本的有效性和可靠性,简化了网络的拓扑结果,并且利用 BP 神经网络使系统的容错能力更好,个别单元的损坏不会引起输出的错误,使得可靠性更好。因此将神经网络与粗糙集理论结合是很有意义的。

参考文献:

[1] 曾黄麟.粗集理论及其应用.重庆:重庆大学出版社,1996.  
[2] 田雨波.混合神经网络.BP 神经网络.北京:科学出版社,2009.  
[3] TMS320C28x DSP CPU and Instruction Set Reference Guide. Texas Instruments,2002.  
[4] 王洪梅.基于 DSP 的多通道数据采集系统的设计与实现.DSP 开发与应用,2007,23(11-2):185-187.  
[5] 张德丰.MATLAB 神经网络应用设计.北京:机械工业出版社,2009.

作者简介:彭泓(1967—),副教授,硕士,主要从事无线传感器网络、计算机测控技术及仿真方向的研究。

E-mail:penghong861@163.com

# 一种超低功耗便携式高斯计的设计



作者：[张军](#)，[徐海宁](#)，[郑强](#)，[刘箴](#)，[刘晓松](#)，[白玉学](#)，[李玲玲](#)，[牟丹](#)，[安银姬](#)，[ZHANG Jun](#)，[XU Hai-ning](#)，[ZHENG Qiang](#)，[LIU Zheng](#)，[LIU Xiao-song](#)，[BAI Yu-xue](#)，[LI Ling-ling](#)，[MU Dan](#)，[AN Yin-ji](#)

作者单位：[沈阳仪表科学研究所, 辽宁沈阳, 110043](#)

刊名：[仪表技术与传感器](#)

英文刊名：[Instrument Technique and Sensor](#)

年，卷(期)：2011(11)

## 参考文献(4条)

1. [STMicroelectronics, STM8L15x\\_datasheet](#) 2010
2. [STMicroelectronics STM8L15-16x Reference\\_Manual](#) 2010
3. [深圳市天微电子有限公司 TM7709规格书, Rev 02](#) 2011
4. [盛群半导体股份有限公司 HT1621/HT1621G RAM Mapping 32×4 LCD Controller for 1/0 MCU](#) 2010

## 本文读者也读过(10条)

1. [黄世梅](#) 多段时间温度智能温控系统的研究[期刊论文]-[工业控制计算机](#)2012, 25(6)
2. [鲁冰](#) 便携式设备用超低功耗编解码器[期刊论文]-[电子产品世界](#)2008(7)
3. [超微小磁场测定装置——“毫高斯计”](#)[期刊论文]-[金属功能材料](#)2002, 9(4)
4. [郑国华](#), [徐志保](#), [邱云兰](#) 一种低功耗无线传感器节点设计[期刊论文]-[福建电脑](#)2012, 28(2)
5. [田源](#) ST基于超低功耗技术推出8位微控制器[期刊论文]-[电子设计应用](#)2009(11)
6. [孙兵](#), [陆晓峰](#), [Sun bing](#), [LU Xiaofeng](#) 一种基于MCS-51的低功耗测量系统[期刊论文]-[自动化仪表](#)2005, 26(6)
7. [邱宪波](#), [袁景洪](#), [唐日泉](#) 智能仪器低功耗设计在便携式血糖仪中的应用[期刊论文]-[中国医疗器械杂志](#)2004, 28(3)
8. [陈静](#), [程楠](#), [向旭](#), [CHEN Jing](#), [CHENG Nan](#), [XIANG Kui](#) 便携式心电监护仪的低功耗设计与仿真[期刊论文]-[武汉理工大学学报（信息与管理工程版）](#) 2009, 31(3)
9. [王海军](#), [卜祥元](#), [安建平](#) 便携式、低功耗体电信号采集存储系统研究[期刊论文]-[单片机与嵌入式系统应用](#)2003(8)
10. [周柳奇](#), [祖国建](#), [刘理云](#) 实用高斯计电路的分析与设计[期刊论文]-[科技资讯](#)2008(9)

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_ybjsycgq201111033.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ybjsycgq201111033.aspx)