

# 基于 TFT-LCD 显示的高精度线性锂电池库仑计\*

杨洁<sup>1</sup>, 曾云<sup>2</sup>, 杨艳军<sup>2</sup>

(1. 遵义师范学院 物理与机电工程学院, 贵州 遵义 563002;

2. 湖南大学 物理与微电子科学学院, 长沙 410082)

**摘要:**设计了基于 TFT-LCD 显示的库仑计,利用基于上华 0.5  $\mu\text{m}$  工艺模型设计的 CMOS 库仑计芯片检测电池当前电压,将电池电压转化为相对应的 5 位二进制代码。这 5 位二进制代码(对应数值为 00000~11111)通过单片机处理转化为十进制输出信号(对应数值为 0~31),作为 TFT 的输入信号,并最终显示到 TFT-LCD 上,进而反映当前的电量剩余量,由于库仑计模块的输出为 5 位二进制,从而使得 TFT 显示的分辨率为 32 位,能够很精确地反映电池剩余量。

**关键词:**TFT;CMOS 工艺;库仑计;电阻分压;

**中图分类号:**O175.26

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2015)04-0118-05

当前,很多移动电子设备都采用锂电池作为能量存储来源<sup>[1-3]</sup>,也是移动电子设备的重要组成部分,为了准确反映移动电子设备的电量状态,以确保电池具有良好的性能,需要对电池进行必要的控制和管理,就必须准确可靠地获得电池的实时剩余的电量。用测得的参数对电池容量作出可靠、准确的估计,一直是当前研究的热点<sup>[4-6]</sup>。但是以往在对电池电压进行电阻分压方面的分压精度都不够线性化,不能很好地反映电池电量,对于开发商而言,如果无法精确地显示电池剩余电量,就只能缩短设备的运行时间或在电子设备比较敏感的体积中采用容量更大的电池,这无疑降低了产品的竞争力<sup>[7]</sup>。

随着 TFT-LCD 在技术上的成熟与进步以及其特有的性能优势,确定了 TFT-LCD 最终取代 CRT 的格局, TFT-LCD 迅速成长为主流显示器<sup>[8-10]</sup>,它具有使用特性好、适用范围宽、环保特性好等优点<sup>[11]</sup>。本文在 AT89C51 单片机的控制下,采用 TFT-LCD 显示电余量,在 CMOS 库仑计芯片内部设计方面,采用了分压电阻短接到地和直接选择相结合的方法,保证了分压精度更加线性化,更能够准确地反映电池电量。

## 1 系统原理与设计

如图 1 所示,为以单片机为控制核心的系统结构框图,包括锂电池、CMOS 库仑计芯片模块、单片机 MCU 以及 TFT 液晶显示器,其中 CMOS 库仑计模块内部包括一个振荡器、时钟模块和比较器模块以及带隙基准。时钟模块用于产生不同相位的时钟,比较器模块产生终止控制信号;比较模块在两相不交叠时钟的控制下将电池电压 VBAT 经电阻分压后由高到低进行逐次比较,具有 offset 抵消功能;当比较器的结果为高电平时继续比较,当比较结果出现一个低电平时将当前状态锁存,这个结果也是最终的输出。

如图 2 所示,为 CMOS 库仑计中的时钟模块结构框图,包括时钟分频电路、两相不交叠时钟产生电路、输出计数器(同时也是 5 位二进制输出)以及整个电路的控制逻辑部分。其中,EN 为使能端,clk 为振荡器产生的时钟信号,termb 为终止信号,EN\_termb 为 EN 和 termb 共同产生的使能信号,clk1~clk5 分别为计数器模块的 5 个输出端。整个电路在 EN 控制下工作,EN 为低时为休眠状态,EN 为高时开始工作,并在最多 32 个时钟周期后进入锁存状态,将结果保持。

时钟分频电路的输入为前端振荡器送来的时钟信号,使其占空比为 50%;分频后的信号分别送至两个 D 触发器中,其一为下降沿触发,另一个为上升沿触发;下降沿触发后的信号再经过一个 D 触发器产生后面比较电路的主时钟 F0;上升沿触发后的信号作为采样时钟 Fd;F0 同时还受由后面比较器模块产生的终止信号 termb 的

\* 收稿日期:2014-03-11 修回日期:2015-02-03 网络出版时间:2015-5-15 10:55

资助项目:贵州省教育厅自然科学研究项目(黔教合 KY 字(2013)200);贵州省省级重点学科(No. 黔学位办[2013]18);贵州省科学技术基金(No. 黔科合 J 字 LKIS[2014]27)

作者简介:杨洁,男,讲师,研究方向为 CMOS 模拟集成电路设计,E-mail:530966074@qq.com

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20150515.1055.009.html>

控制,当  $termb$  为低时将  $F_0$  置高,此时控制计数器不再工作,当前状态被锁存。

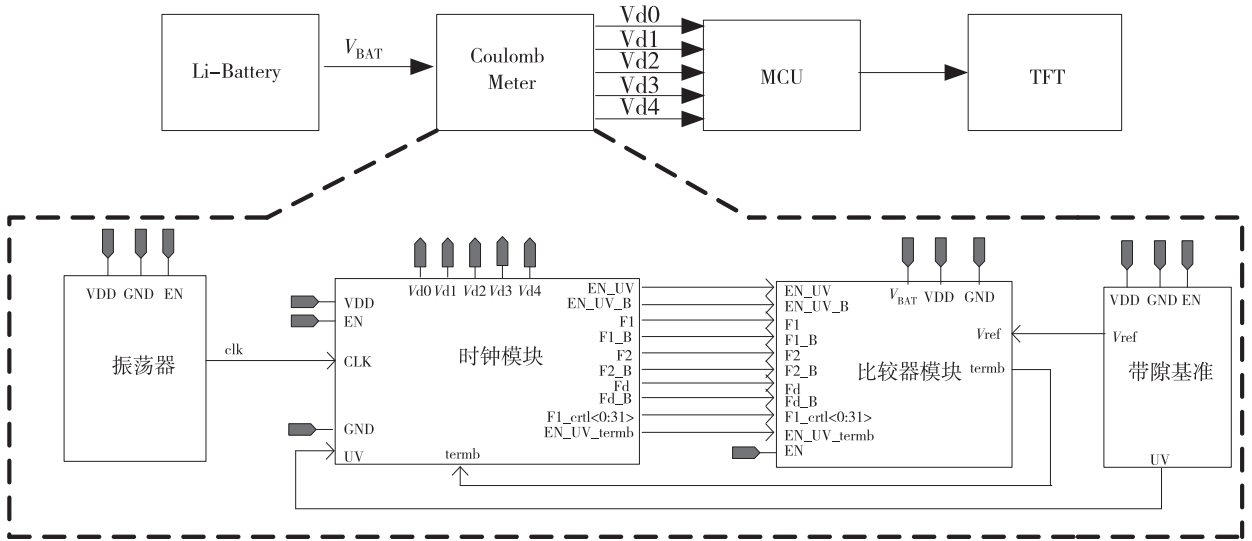


图 1 系统结构框图

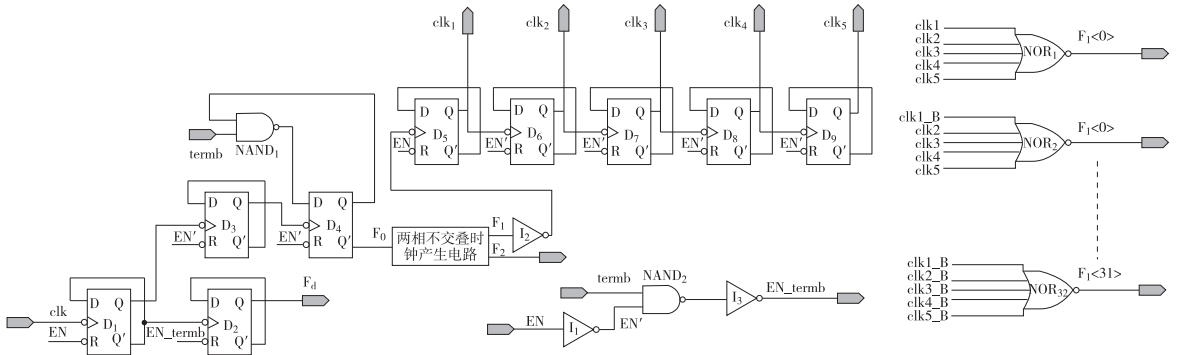


图 2 时钟模块原理图

两相不交叠时钟产生电路接受时钟分频电路产生的时钟信号  $F_0$ ,送出两相不交叠时钟  $F_1$  和  $F_2$ 。其中  $F_1$  与  $F_0$  相位相反, $F_2$  与  $F_0$  相位相同。当  $F_1$  为高电平的相位时将后续比较器模块接成单位增益放大器, $F_2$  为高电平的相位时比较器模块开始比较。

输出计数器电路由 5 个 D 触发器级联,下降沿触发。接收  $F_1$  信号,以形成 32 个不同相位  $clk_1 \sim clk_5$  (00000~11111),由低位到高位逐次比较,如果比较结果一直为高电平则继续比较,一旦比较出低电平则  $F_1$  置高,锁存当前状态,此时的计数结果即最终的结果,如果 31 次比较都输出高电平,说明此时的  $V_{BAT}$  已经大于上限电压 4.3 V,则锁存住第 32 个状态 11111。

控制逻辑电路该电路由一个五输入或非门和一个反相器组成, $clk_1 \sim clk_5$  为上面输出计数器的输出端, $clk_{1\_B} \sim clk_{5\_B}$  分别为  $clk_1 \sim clk_5$  的反相端;共有 32 个这样的电路,产生 32 个不同频率的控制信号  $F_1<0> \sim F_1<31>$ ,依次控制比较器模块中的电阻串分压。

如图 3 所示,为 CMOS 库仑计电路中的比较器模块,包括电阻串分压部分、逐次比较部分和后面的锁存部分,其中  $F_1<0:31>$  为图 2 中产生的 32 个控制信号,依次送入图 3 中的电阻分压电路,从而依次改变  $V_{BAT}$  分压电阻的阻值。

电阻分压结构如图 3 中虚线框所示,采用短接到地和直接选择相结合的方法,选择合适的电阻值,不仅比直接将开关短接到电源的方法更加线性化,而且这样短接到地用 NMOS 实现,还可以避免使用 level-shifter。其中, $R$  为主电阻, $RS$  为限流电阻, $RS$  大小取决于电路的功耗。电阻分压  $V_{fb}$  与电池当前电压  $V_{BAT}$  的关系如(1)式所示,式中  $k$  为  $F_1<0:31>$  控制信号分别对应的开关。

当  $F_1$  为高时,运放接成单位增益放大器,将电池电压  $V_{BAT}$  经电阻分压后的电压  $V_{fb}$  及运放的 offset 电压采样到一个 2 pF 的电容  $C_1$  上,这个电容也是这个状态的补偿电容;同时运放输出端串联的开关断开,用  $F_1$  的反相信号  $F_1\_B$  控制的另一个开关将此时整个电路的输出拉高。当  $F_2$  为高时,将  $V_{ref}$  电压接到比较器同相端,将

这两个电压进行比较(实现运放 offset 抵消);运放输出端串联的开关导通,比较结果送到后面的采样电路;下一周期改变  $V_{BAT}$  分压电阻的阻值,由高到低逐次比较。这样在开始的比较周期,由于  $V_{fb}$  高于  $V_{ref}$ ,输出经过一个反相器后将为高电平,直到  $V_{fb}$  低于  $V_{ref}$ ,输出将是低电平。terma 在 sleep 和开始比较时为低电平,一旦比较出低电平则将 terma 置高,从而置低 termb;如果前面 31 个周期都比较出高电平,当  $F1<31>$  来临时,将置低 termb 信号;所以无论 terma 和  $F1<31>$  这两个信号哪个为高,termb 都将为低,从而将控制图 2 中的  $F0$  为高,进入锁存状态。本文带隙基准产生的  $V_{ref}$  电压为 0.84 V,电阻串分压电路及其控制开关将  $V_{BAT}$  电压由高到低逐次比较。

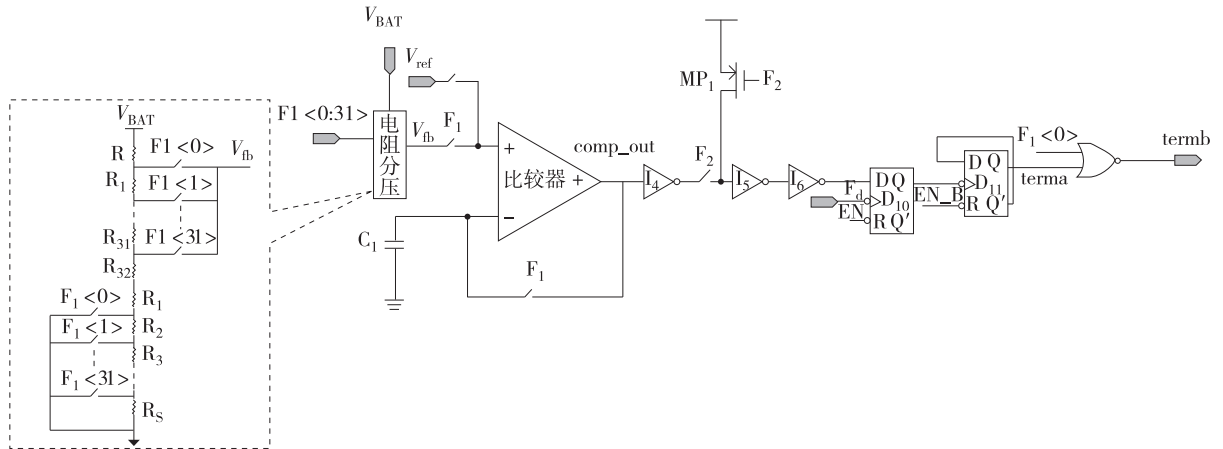


图 3 比较器模块原理图

锁存部分包括两个 D 触发器,其中第一个用于采样,在  $F_d$  的上升沿采样  $F_2$  阶段的比较结果( $F_d$  比  $F_2$  延迟  $1/8$  周期),送至第二个 D 触发器;第二个 D 触发器实际上是一个下降沿触发的一位的计数器,在 sleep 状态置输出为低电平,开始工作后,如果输入时钟为高电平,则维持输出为低,一旦输入时钟跳变到 0(第一个触发器采样到低电平),则输出也置高,此时指示进入锁存状态。

如图 4 所示,为整个控制系统的连接图,系统的核心控制器选用 STC89C51,显示屏选用 1.77 寸 TFT,其驱动电路为 S6D0144 芯片。STC89C51 的 P10~P14 口为 CMOS 库仑计芯片的 5 位二进制信号输出口,开关 S2 控制 CMOS 库仑计芯片的开启和关闭。

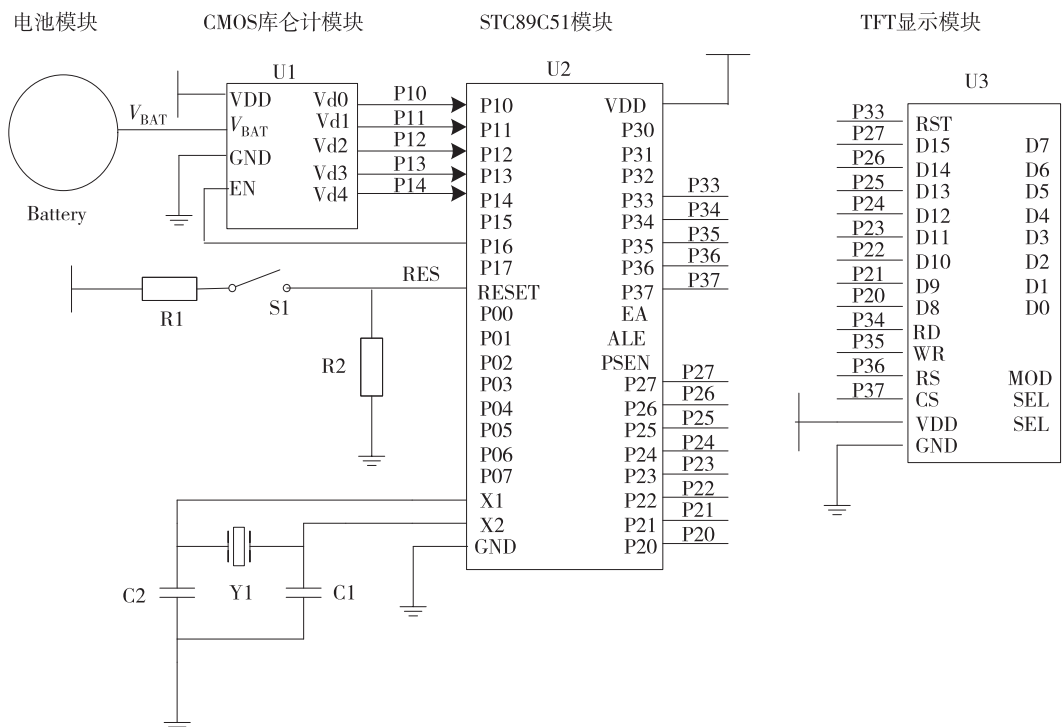


图 4 控制系统连接图

## 2 软件设计

本文的  $V_{BAT}$  的电压范围为 2.7~4.3 V, 将其分为 32 个区间, 分别用二进制代码表示, 如表 1 所示, 为  $V_{BAT}$  电压对应的二进制代码值以及在 TFT 中显示的剩余电量百分比。

应用软件主要包括主程序和初始化程序两大部分。本电路系统的软件采用 C 语言进行书写。该系统的软件流程图如图 5 所示, 软件代码如下:

```
#include <reg51.h>
#include <intrins.h>
#include "S6D0144.h" //包含 TFT 颜色和接口定义
#define White 0xFFFF
#define Red 0x001F
#define Blue 0xF800
#define Green 0x07E0 //浅绿
/* 主函数 */
void main(void)
{
    unsigned int Temp,DianL,DianL1,DianLL,i;
    unsigned char Table[2];
    S6D0144_Init(); //TFT 控制寄存器初始化
    ClearScreen(Blue); //清屏
    Rectangle(4,49,99,91,Red); //绘制矩形框
    Rectangle(99,60,112,80,Red);
    while(1)
    {
        DianL=P1&0x1f; //将 5 位二进制信号进行处理
        if(DianL!=DianL1)
        {
            Bar(5,50,120,100,Blue); //绘蓝色平面背景
            Rectangle(4,49,99,91,Red);
            Rectangle(99,60,112,80,Red);
            for(i=0;i<DianL*3;i++)
            {
                Line(6+i,50,6+i,90,Green1); //绘制电池电量格数
            }
            DianLL=DianL*100/31; //显示电量百分比
            if(DianLL==100)
                LCD_PutString(60,100,"100",White,Blue);
            else
            {
                Bar(60,100,90,120,Blue);
            }
        }
        DianL1=DianL;
    }
}
```

表 1  $V_{BAT}$  电压对应的二进制代码值

$V_{BAT}/V$	clk5~clk1	剩余百分比/%
<2.9	00000	0
2.900~2.947	00001	3
⋮	⋮	⋮
4.253~4.300	11110	96
>4.3	11111	100

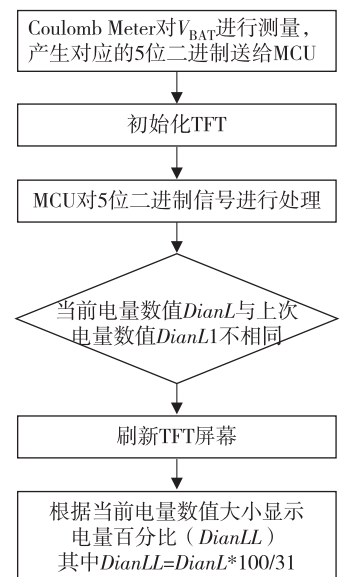


图 5 系统软件流程图

### 3 测试结果

如图6所示,为库仑计系统整体测试图,其中图6a,b,c分别表示电压为4.305 V,3.16 V,2.695 V(对应二进制数值分别为11111,00110,00000)时TFT-LCD的电量百分比及刻度值,与表1中的理论值相符合,所以本文设计的CMOS库仑计芯片能够准确反映电池电量,并通过单片机处理后能够以32位分辨率的精度反映到TFT-LCD上。

### 4 结论

本文通过采用典型的CSMC 0.5  $\mu\text{m}$ 工艺模型设计库仑计核心芯片,并结合AT89C51 MCU为系统控制核心,以及TFT-LCD为终端显示,由于对CMOS库仑计芯片内部结构进行了改进和优化,不仅能够保证分压精度更加线性化,有效地解决电阻分压的问题,还能根据不同需求对电量进行不同的等分,准确地反映移动电源的电池剩余电量,及时充电以确保随时随地为手持设备充电和避免过度放电对锂电池造成的损伤,具有广阔的应用前景和商业价值。

### 参考文献:

- [1] Gavin R, Liu W. Emerging technologies, designing low power digital systems[J]. Piscataway Institute Electrical and Electronics Engineers, 1996, 23(5): 43-45.
- [2] 赵奕凡, 杜常清, 颜伏伍. 动力电池组能量均衡管理控制策略[J]. 电机与系统, 2013, 17(10): 109-110.  
Zhao Y F, Du C Q, Volts W Y. Battery pack energy balance management control strategy [J]. Motors and Systems, 2013, 17(10): 109-110.
- [3] Shi C L, Walker, Zeisel E, et al. A highly integrated power management IC for advanced mobile application[J]. Journal of Solid-State Circuit, 2007, 42(8): 1723-1729.
- [4] 张仁程. PDA 电池管理解决方案[J]. 半导体技术, 2002, 27(8): 58-61.  
Zhang R C. PDA battery management solutions[J]. Semiconductor Technology, 2002, 27(8): 58-61.
- [5] Li H, Wang W, Su S F. A merged fuzzy neural network and its application in battery state-of-charge estimation [J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2007(3): 697-708.
- [6] 韩泽. 电池剩余电量的单芯片指示方案[J]. 电源技术, 2005, 5(4): 113-115.  
Han Z. Remaining battery power single-chip instruction program[J]. Supply Technology, 2005, 5(4): 113-115.
- [7] Kutkut N H, Divan D M, Novotny D W. Charge equalization for series connected battery strings[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 1995(3): 562. doi: 10. 1109/28. 382117.
- [8] Kim B S, Kim Y G, Hong S Y. Low power 260k color TFT LCD one-chip driver IC[EB/OL]. (2014-02-20). [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1283662&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D12836622004.126](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1283662&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D12836622004.126).
- [9] Itakura T, Minamizaki H, Saito T. A 402-output TFT-LCD driver IC with power control based on the number of colors selected[J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2003(3): 503. doi:10. 1109/JSSC. 2002. 808308.
- [10] Koichi S, Tomoyuki K, Shuichi M. Liquid crystal compounds having fluorinated 1,4-phenylene skeletons, liquid crystal compositions, and liquid crystal display devices[P]. EP:0891961, 1999.
- [11] Dabrowski R. Liquid crystal materials for active matrix displays[C]//Annual Review of Materials Science. [S. J.]: [s. n.]: 27:423-441.

## A High Precious Linear Lithium Coulomb Meter Based on TFT-LCD Display

YANG Jie<sup>1</sup>, ZENG Yun<sup>2</sup>, YANG Yanjun<sup>2</sup>

(1. School of Physics and Mechanical and Electrical Engineering, Zunyi Normal College, Zunyi Guizhou 563002;

2. College of Physics and Microelectronics Science, Hunan University, Changsha 410082, China)

**Abstract:** Based on CSMC 0.5  $\mu\text{m}$ , this paper designs a CMOS Coulomb Meter which detect the current voltage of battery and convert the voltage into corresponding 5-bit binary code based on TFT display. The 5-bit binary code (corresponding to a value of 00000-11111) is handed by MCU into decimal output signal (corresponding to a value of 0-31) as input signal of TFT and display to TFT-LCD, and future reflect the current residual quantity of battery charge. Since the output of Coulomb Meter module is 5 bit binary so that TFT display resolution is 32 bit and is able to reflect the current residual quantity of battery charge.

**Key words:** TFT; CMOS process; coulomb meter; resistor divider

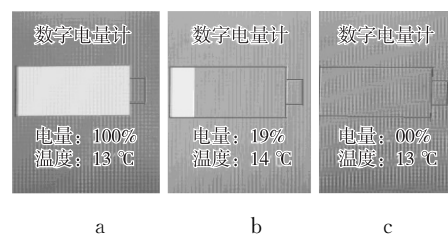


图6 系统软件流程图