

文章编号: 1671- 251X(2011)01- 0019- 04

DOI: CNKI: 32- 1627/ TP. 20101230. 0833. 001

# 一种电池供电的采煤机启动预警电路设计

安美珍, 钱江泳, 陈虎, 邱锦波

(天地科技股份有限公司上海分公司, 上海 201401)

**摘要:**介绍了 一种电池供电的采煤机启动预警电路的软、硬件设计方案, 电路调试方法, 调试过程中出现的问题及优化方法。该电路采用 12 V 充电电池作为系统电源, 由 MSP430F149 单片机控制采煤机机身上电的预警过程, 并且实时监控电池电量; 如果单片机检测到的电池电压低于程序预设的低电压阈值, 则驱动 LED 发出闪烁提醒信号, 提醒用户给系统电池充电; 整个电路在不用时处于低功耗模式, 以延长使用时间。经过调试及优化, 该电路程序运行正确, 静态功耗仅为 0.2 mA, 满足低功耗设计要求。

**关键词:**采煤机; 电池供电; 启动预警电路; 电压阈值; 低功耗

**中图分类号:** TD632/ 679      **文献标识码:**B      **网络出版时间:**2010- 12- 30 8: 33

**网络出版地址:**<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20101230.0833.001.html>

## Design of a Battery-powered Early Warning Circuit for Shearer Starting

AN Mei-zhen, QIAN Jiang-yong, CHEN Hu, QIU Jin-bo

(Shanghai Branch of Tiandi Science and Technology Co., Ltd., Shanghai 201401, China)

**Abstract:** The paper introduced design schemes of software and hardware, debug methods, problems in debug process and optimization methods of a battery-powered early warning circuit for shearer starting. The circuit takes 12 V battery as system power supply, uses MSP430F149 single-chip microcomputer to control process of early warning when shearer body is powered up, and real-timely monitors battery capacity. If battery voltage checked by the single-chip microcomputer is lower than low-voltage threshold value preset in program, the circuit would give out blinking signal, which can remind users to charge the system battery. The whole circuit works in low power dissipation mode when it is idle to prolong service time. After debug and optimization, the circuit's program runs correctly and static power dissipation of the circuit is only 0.2 mA, which meets design requirement of low power dissipation.

**Key words:** shearer, battery operation, early warning circuit for starting, voltage threshold value, low power dissipation

## 0 引言

工作面的采煤机上电时, 若机身上或机身周围有工作人员在从事机器检修或其它作业, 而此时没有接到上电通知和提示, 很容易造成人员伤害甚至伤亡。鉴于此, 笔者设计了一种电池供电的采煤机

启动预警电路, 以便在采煤机上电时及时提醒周围的工作人员, 避免发生事故, 从而达到预警目的。

## 1 电路硬件设计

采煤机启动预警电路从安全可靠、方便耐用的前提下进行设计, 总体框图如图 1 所示。其中电路的主控芯片选用 MSP430F149 单片机<sup>[1-3]</sup>, 主启按钮、蜂鸣器以及 LED 指示灯通过插头接入, 电池的电源线也通过插头引入, 此外还单独设计了电池充电接口插头。采用电池供电的原因是此时采煤机尚未供电, 必须通过外部电源给电路上电工作。

当机身上的主启按钮按下后(按钮的确认时间

收稿日期: 2010- 09- 21

项目基金: “十一五”国家科技支撑计划重大项目  
(2008BAB36B02)

作者简介: 安美珍(1983- ), 女, 山西五台人, 助理工程师, 硕士, 现主要从事检测与传感器技术的研究工作。E-mail: [mazhen568@126.com](mailto:mazhen568@126.com)

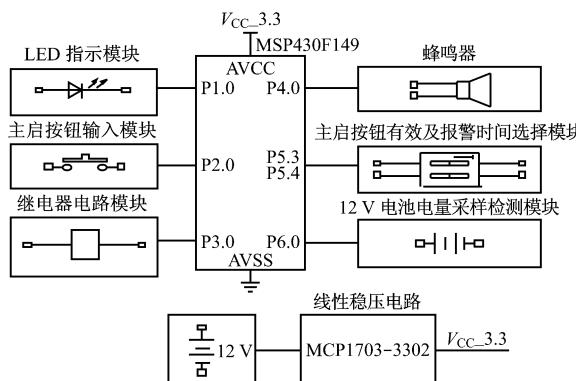


图 1 采煤机启动预警电路总体框图

由 P5.3 的拨钮选择), 启动蜂鸣器预警(预警鸣叫时间由 P5.4 的拨钮选择), 报警时间到以后, 关闭蜂鸣器并启动 P3 口的先导回路继电器, 接通采煤机自保接点, 当继电器动作时间到后, 继电器常开节点释放, 整个上电过程随着预警电路的结束而结束。MSP430F149 单片机每隔一定时间检测一次电池电压, 防止电路因电源电压不足而失去作用。

整个电路的电压由标称值为 12V 的镍氢充电电池提供, 电池充足电后最高电压可达到 16V。采用镍氢充电电池主要是考虑到井下的安全问题, 这也正是采用锂离子电池或其聚合物电池的顾虑所在。电路还设计了低电压掉电复位提醒部分, 限于篇幅, 本文不再详述。下面具体介绍各硬件部分的设计。

(1) 电源部分。电池电源输入端串联二极管, 防止电源反接, 并且增加了功率电阻和保险丝, 作为电路的过流、过热保护, 满足井下本安设计要求。为提高电路的抗干扰能力, 在主启按钮电路输入端增加了瞬态抑制二极管和高频电容滤波电路。

(2) 电压调节部分。单片机系统的电源通过线性电压调节芯片 MCP1703T-3302, 将输入为 12~16V 的电压转换成 3.3V 电压。按照一般的设计准则, 在 MCP1703T-3302 的电压输入端并联 0.1 μF 的钽电容和 1 个 10 μF 的电解电容, 输出端并联 1 个 10 μF 的电解电容, 以降低高频噪声。MCP1703T-3302 是专门为电池供电的电子设备或手持仪器等设计的, 静态电流只有 2 μA, 可承受的输入电压范围为 2.7~16V, 而输出的电流为 250 mA, 完全满足该采煤机启动预警电路的设计要求; 而且 MCP1703T-3302 封装比较简单, 极大地节省了电路板空间。

(3) 端口 P5 的时间选择拨钮。P5.3、P5.4 这两个拨钮分别选择主启按钮的确认时间和蜂鸣器的

报警鸣叫时间, 如果按钮按下的确认时间未到, 则不会启动预警电路(通过软件设计实现), 从而避免了因按钮的抖动引起的误动作。当拨钮置于“ON”位置时, 通过下拉接地电阻将 3.3V 电源接通, 此时对应的时间比较长; 当拨钮置于“OFF”位置时, 由各自的下拉电阻直接将单片机 P3 口电位拉低, 该情况对应的时间比较短。这样设计的目的是为了给用户更大的选择余地, 根据实际情况选择整个电路的启动用时。用户可以在主启按钮按下之前选择启动的时间, 每次设置完成后, 直到下次按下主启按钮时才有效, 这样可以避免在启动过程中由于拨钮的反复设置而导致启动的误动作, 使启动时序出错。

(4) 采样电路。采样电路主要用于定时检测电池组的端电压(由软件设置), 防止因电压过低而使整个电路失去意义。电池电压为 12V 以上, 经过采样的分压电阻后(这里选择 1/9 的分压设计), 使采样的输入电平与单片机的电平相互匹配。分压电阻的阻值应尽可能大, 精度要足够高, 这样既可以减少电路的功耗, 又为电路提供了比较稳定的采样输入电平。

(5) 蜂鸣器。蜂鸣器的选择最为重要, 有些声音比较响的蜂鸣器内部常常有一个相当于升压变压器的线圈驱动蜂鸣器共振发声, 经测试瞬间最高电压可达 200V 以上, 难以符合本安设计的要求。本电路设计选用的蜂鸣器经检查腔体内部没有升压线圈, 而且工作参数也能满足使用要求, 具体测试结果如表 1 所示。

表 1 蜂鸣器工作参数测试结果

测试电压/V	工作电流/mA	声音等级/dB
10	5.160~5.173	82~91
12	6.218~6.273	88~95

另外, 测试还发现, 随着给定电压的升高, 蜂鸣器发出的声音等级会随之增强。表 1 中的声音等级测定是在 3~4m 距离之内随意测试记录的, 并且在该距离内测量的结果对蜂鸣器的声音等级无明显影响。其间还有声音强度偶尔接近或达到 100dB 的情况, 这里只是统计了一个比较集中的区间。

## 2 电路软件设计

### 2.1 软件设计综述

软件开发总体描述: 标称 12V 充电电池供电, 采煤机预警启动控制; 主启按钮导通时长超过最短时延为有效, 最短时延由单片机 P5.4 口的 SW2 设

定; 主启按钮有效后, 鸣响报警, 报警时延由单片机 P5.3 口的 SW1 设定; 报警结束后接通先导继电器, 持续一段时间(可软件设置)后断开; 每隔一定时间通过 A/D 采样监测电池电量, 连续采样 8 次后计算平均值, 若该平均值低于低电压阈值, 则 LED 闪烁提醒(每隔 5 s 闪烁 1 次)。

单片机输入量设置: MSP430F149 的 P2 口连接主启按钮, 作为启动预警中断输入向量, 上升沿触发有效; P6 口为 A/D 采样输入端口, 检测电池电压的中断输入向量, A/D 采样的参考电平选择单片机内部的 2.5 V 参考电压, 单通道单次采样; P5 口的 bit3 位和 bit4 位为连接拨钮选择开关, 选择主启按钮的确认时间和蜂鸣器的报警时间, 拨钮置于“ON”位置时, 时间设置较长, 反之较短。为了节省功耗, 建议用默认的较短时间。

单片机输出量设置: MSP430F149 的 P1 口接 LED 指示灯, 低电平有效, 用于上电显示和报警闪烁提示; P3 口为高电平有效, 驱动先导回路继电器常开触点的闭合和断开; P4 口外接蜂鸣器报警电路, 高电平有效。将单片机 I/O 口分配零散的目的是为了方便 PCB 布线。

定时器 TimerA1 设置: TimerA1 设为定时器溢出中断, 设置定时器基准时间为 0.125 ms(也可设置成其它时间)。电路辅助时钟 ACLK 选用 32.768 kHz 晶振, 主时钟 MCLK 选用 4.9152 MHz 晶振。

## 2.2 软件设计流程

电路的软件程序开发是在 IAR Embedded Workbench 环境下完成的, 以下为设计流程。

定义变量: 定时器 TimerA1 溢出中断标志 timeflag 和低电量中断标志 lowpowerflag, 单片机在这两个中断标志置位时由低功耗模式转入相应的中断处理程序。

设置单片机的工作状态(work mode): 睡眠模式(sleep)、上电显示模式(power\_check)、主启按钮确认模式(button\_check)、启动报警模式(alarm\_on)、先导回路继电器导通模式(pilot\_on)。电路的初始给定工作模式为 sleep 模式, 即 LPM3 低功耗模式<sup>[4-6]</sup>。

程序共设 3 个中断向量入口, 分别是定时器 TimerA1 溢出中断(流程见图 2)、P2 口主启按钮按下中断(流程见图 3)以及 A/D 采样电池电量中断(流程见图 4)。

主程序流程如图 5 所示。

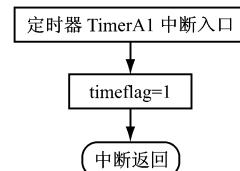


图 2 定时器 TimerA1 溢出中断流程

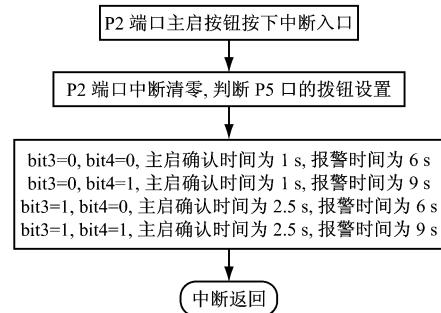


图 3 P2 口主启按钮按下中断流程

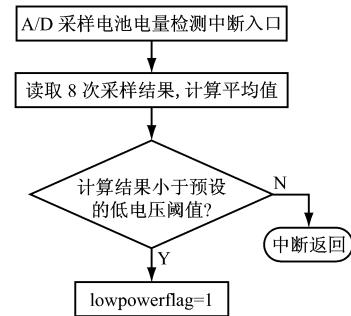


图 4 A/D 采样电池电量中断流程

## 3 电路调试及优化

软件开发完成后, 通过 MSP430 仿真器将程序下载到 MSP430F149 单片机, 调试时使用 12 V 直流电代替电池电压。初次调试发现程序的运行与预想的不同, 经逐步检查得知是程序的主启按钮确认运行出错。然后对该部分程序进行修改: 如果不到主启按钮按下时间, 则报警器不动作; 当时间到了以后, 即使已经超过最短确认时间, 蜂鸣器才开始报警。修改后程序运行正常。对于单片机定时监测电池电量的调试, 则通过修改定时时间将原来的 1 h 临时改成 12 s 来检测程序是否进入中断处理, 开始时发现蜂鸣器报警和电池低电量闪烁提示这两个过程互相影响, 而实际上要求这两个过程相互独立, 即单片机刚开始检测到电池电量低时应该能够启动预警。于是将电池低电量闪烁提示这个工作状态从单片机的整个启动预警过程中划分出来, 修改后经检测程序运行正确。

调试通过后, 根据实际需要, 增加了主启按钮确认后对电池电量的检测功能, 同时在定时器溢出中断处理程序中增加了看门狗定时器, 防止程序跑飞。

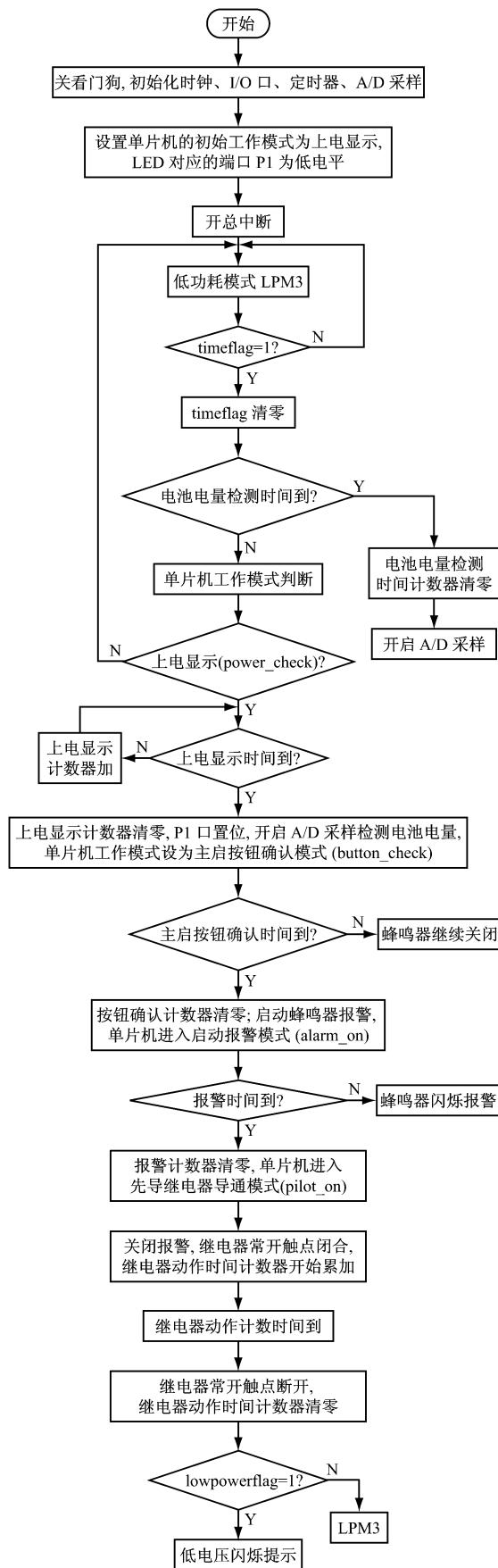


图 5 主程序流程

最后对程序进行优化, 包括对硬件设计的优化。首先是硬件的优化, 当修改好的程序下载到电路板后, 检查整个电路板的功耗, 发现实际功耗远远大于设计要求。接下来是对每个元器件进行逐步排查, 经检查得知最大的功耗来自于最初选择的线性电压转换芯片 NCP1117ST<sup>[7]</sup>, 其静态功耗超过 10 mA, 所以要选择静态功耗为  $\mu$ A 级的 LDO 芯片, 即后来的 MCP1703T-3302 芯片, 其静态功耗只有 2  $\mu$ A。另外, P5 口的时间选择拨钮开关的下拉接地电阻阻值偏低, 导致静态功耗偏大, 所以应将电阻的阻值提高一个数量级。接下来是软件优化, 主要针对 AD 转换电源模块和内部参考电源模块的设置问题。将这两个模块的电源在程序刚开始优化时关闭, 并且等到 A/D 采样时间到时再实时开启, 这样可迅速将静态功耗由原来的 0.8 mA 降到 0.2 mA, 效果显著。

#### 4 结语

采煤机启动预警电路经过对硬件和软件的不断改进后, 最终的静态功耗经测试小于 0.2 mA, 完全满足功耗小于 1 mA 的设计要求。该电路的整体性能还需在现场使用中逐步体现。

#### 参考文献:

- [1] MSP430x13x, MSP430x14x, MSP430x14x1 MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER [EB/OL]. [2010-09-01]. <http://focus.ti.com/cn/general/docs/lit/getliterature.tsp?genericPartNumber=msp430f149&fileType=pdf>.
- [2] msp430x1xx Family User's Guide [EB/OL]. [2010-09-01]. <http://www.ti.com/cn/lit/pdf/slau049f>.
- [3] MSP430F13x/14x/14x1 Device Erratasheet [EB/OL]. [2010-09-15]. <http://focus.ti.com/cn/general/docs/lit/getliterature.tsp?literatureNumber=slaz017d&fileType=pdf>.
- [4] 谢兴红, 林凡强, 吴雄英. MSP430 单片机基础与实践 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [5] 250 mA, 16 V, Low Quiescent Current LDO Regulator [EB/OL]. [2010-09-16]. <http://www.microchip.com/documents/deviceDoc/22049d.pdf>.
- [6] 谭浩强. C 程序设计 [M]. 3 版. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [7] NCP1117, NCV1117 1.0 A Low-Dropout Positive Fixed and Adjustable Voltage Regulators [EB/OL]. [2010-09-16]. [http://pdf.dzsc.com/NCP1117\\_512874.html](http://pdf.dzsc.com/NCP1117_512874.html)