

文章编号: 1000-5013(2008)03-0338-04

# 铅酸蓄电池充电与保护集成电路的设计

凌朝东, 曾德友, 李国刚, 王加贤

(华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021)

**摘要:** 针对蓄电池充电和保护电路的分离及占用较大的面积等问题, 采用 CSMC 公司  $0.6\ \mu\text{m}$  互补型金属氧化物半导体(CMOS)工艺, 设计集蓄电池充电和保护功能于一身的集成电路. 它既可以实现对免维护铅酸蓄电池的浮充充电及过充、过放、过流保护, 也可以解决分立元件构成的电路占用面积大的问题. 采用 Cadence 中的 Spectre 对电路进行模拟仿真, 结果表明, 当温度在  $-10\sim 90\ ^\circ\text{C}$  范围内, 基准电压随温度的变化呈抛物线的形状, 电路的温度得到很好的补偿.

**关键词:** 互补金属氧化物半导体; 浮充充电; 过充; 过放; 过流; 铅酸蓄电池

**中图分类号:** TN 432.02; TM 912.1

**文献标识码:** A

作为太阳能照明的一个关键部分, 蓄电池的充电及保护显得尤为重要. 由于密封免维护铅酸蓄电池具有密封好、无泄漏、无污染、免维护、价格低廉、供电可靠, 在电池的整个寿命期间电压稳定且不需要维护等优点, 所以在各类需要不间断供电的电子设备和便携式仪器仪表中有着广泛的应用. 采用适当的浮充电压, 在正常使用(无过放、过充、过流)时, 免维护铅酸蓄电池的浮充寿命可达  $12\sim 16\ \text{a}$ , 如果浮充电压偏差  $5\%$ , 则使用寿命缩短  $1/2$ . 由此可见, 充电方式对这类电池的使用寿命有着重大的影响, 并且由于光伏发电中蓄电池不便于经常维护, 就需要蓄电池稳定地工作. 因此, 采用正确的充电方式及合理的保护方式, 能有效延长蓄电池的使用寿命. 传统的充电和保护集成电路(IC)是分立的, 功耗大、成本高, 且外围电路复杂, 目前市场上还没有真正将充电与保护功能集成于一体的芯片. 基于此, 本文设计集蓄电池充电和保护功能于一身的集成电路.

## 1 系统设计

系统主要包括蓄电池充电模块(Charger)和保护模块(Protector)两大部分, 既可以保证外部电源给蓄电池供电, 又可以在蓄电池过充、过流及外部电源断开蓄电池处于过放状态时提供保护. 此外, 将充电和保护功能集于一身, 可使得电路简化, 并且减少宝贵的面积资源浪费, 节省成本.

免维护铅酸蓄电池的寿命通常分为循环寿命和浮充寿命, 而影响蓄电池寿命的因素有充电速率、放电速率和浮充电压. 电池的电压与温度有关, 温度每升高  $1\ ^\circ\text{C}$ , 单格电池电压下降  $4\ \text{mV}$ , 也就是说电池的浮充电压有负的温度系数  $-4\ \text{mV}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ . 普通充电器如在  $25\ ^\circ\text{C}$  处于最佳工作状态, 而在环境温度为  $0\ ^\circ\text{C}$  时就会充电不足, 在温度为  $45\ ^\circ\text{C}$  时, 可能会因严重过充电缩短电池的使用寿命<sup>[1]</sup>. 因此, 需要对蓄电池的工作状态有一定的了解和分析, 从而实现了对蓄电池进行保护的目的. 蓄电池有 4 种工作状态: 通常状态、过电流状态、过充电状态、过放电状态, 但由于不同的过放电电流对蓄电池的容量和寿命所产生的影响不尽相同, 所以对蓄电池的过放电电流检测也需要分别对待. 当电池处于过充电状态的时间较长, 则会严重降低电池的容量, 减少电池的寿命; 当电池处于过放电状态的时间超过规定时间, 则电池由于电池电压过低可能无法再充电使用, 从而使得电池寿命降低.

根据以上所述, 充电方式对免维护铅酸蓄电池的寿命有很大的影响. 为了使电池始终处于良好的工作状态, 蓄电池保护电路必须能够对电池的非正常工作状态进行检测, 并做出动作以使电池能够从不

收稿日期: 2007-10-09

作者简介: 凌朝东(1964), 男, 副教授, 主要从事模拟集成电路的研究. E-mail: edac@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(A0640005); 厦门市科技计划项目(3502Z20073037)

正常的工作状态回到正常工作状态, 从而实现对电池的保护, 保证蓄电池的使用寿命.

## 2 单元模块设计

### 2.1 充电模块

芯片的充电模块框图, 如图 1, 2 所示. 该电路包括限流比较器、电流取样比较器<sup>[2]</sup>、基准电压源<sup>[3]</sup>、欠压检测电路、电压取样电路和逻辑控制电路. 该模块内含有独立的限流放大器和电压控制电路, 可以控制芯片外 NMOS 管的驱动器. 驱动器提供的输出电流为 20~ 30 mA, 可直接驱动外部串联的调整管, 从而调整充电器的输出电压与电流. 电压和电流检测比较器检测蓄电池的充电状态, 并控制状态逻辑电路的输入信号<sup>[4]</sup>. 当电池电压或电流过低时, 充电启动比较器控制充电. 电器进入涓流充电状态; 当驱动器截止时, 该比较器还能输出 20 mA 左右, 进入涓流充电电流. 这样, 当电池短路或反接时, 充电器只能以小电流充电, 避免了因充电电流过大而损坏电池. 此模块构成的充电电路充电过程分为 3 个充电状态, 即大电流恒流充电状态、高电压过充状态和低电压恒压浮充状态, 如图 1, 2 所示. 充电过程从

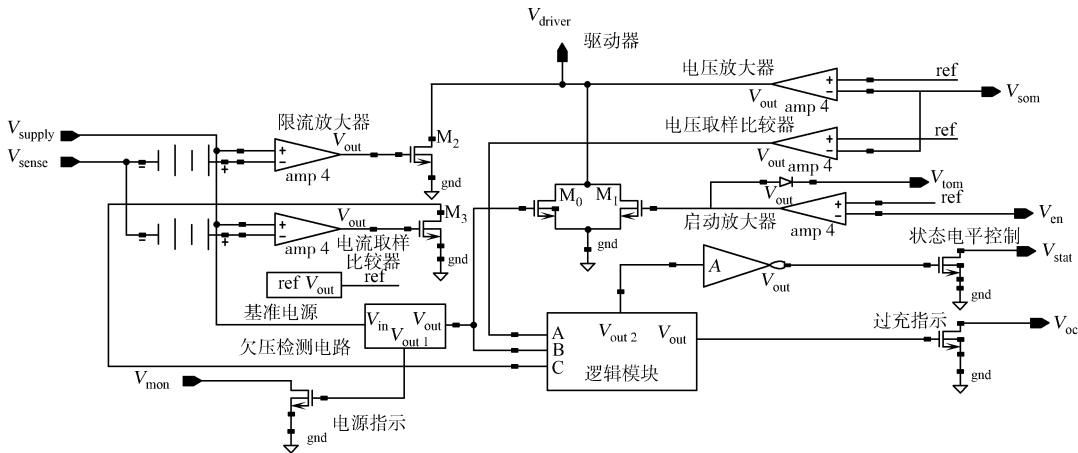


图 1 充电控制电路

Fig. 1 Schematic of the charging control

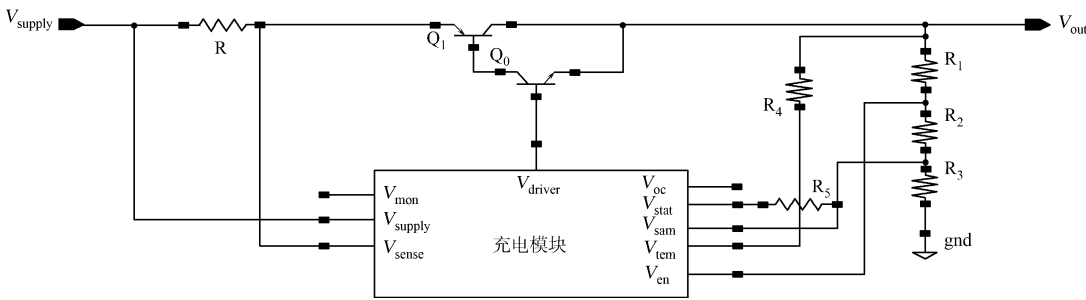


图 2 充电电路应用电路

Fig. 2 Application of the charging circuit

大电流恒流充电状态开始, 在这种状态下充电器输出恒定的充电电流. 同时充电器连续监控电池组的两端电压, 当电池电压达到过充转换电压  $V_{sam}$  时, 电池的电量已恢复到放出容量的 70%~ 90%, 充电器转入过充状态. 在此状态下, 充电器输出电压升高到过充电电压  $V_{oc}$ , 由于充电器输出电压保持恒定不变, 所以充电电流连续下降. 当电流下降到过充中止电流  $I_{oct}$  时, 电池的容量已达到额定容量的 100%, 充电器输出电压下降到较低的浮充电压  $V_F$ .

### 2.2 保护模块

芯片内部的保护电路模块框图, 如图 3 所示. 该电路包括控制逻辑电路、取样电路、过充电检测电路、过放电检测比较器、过电流检测比较器、负载短路检测电路、电平转换电路<sup>[5]</sup>、基准电路(BGR). 保护电路的工作原理, 如图 4 所示. 当芯片的供电电压在正常工作范围( $V_{DL} < V_{DD} < V_{CU}$ ) 内, 且 VM 管脚处的电压在过电流 1 检测电压之下, 电池处于通常工作状态; 芯片的充放电控制端 CO 和 DO 均为高电

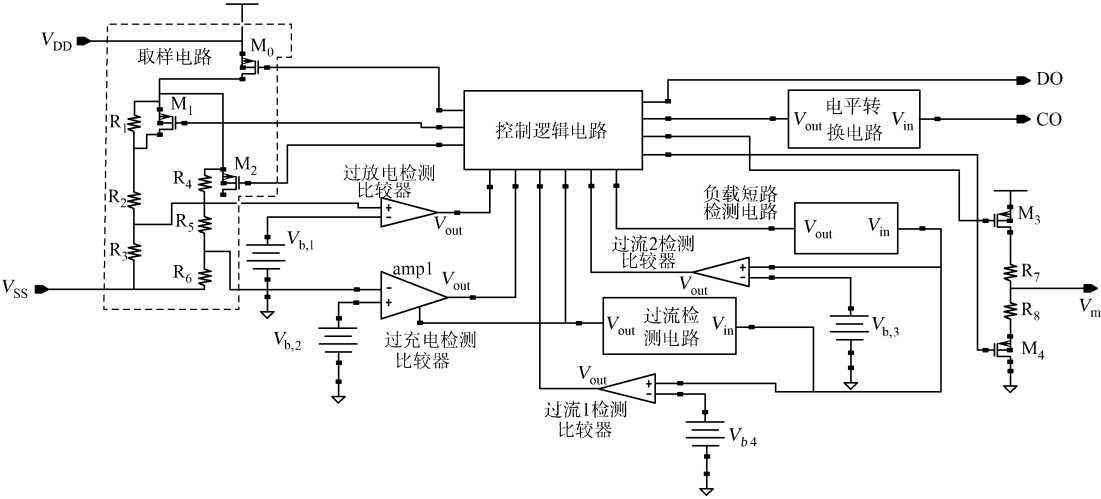


图 3 电池保护控制电路

Fig. 3 Schematic of the protecting control for the battery

平, 芯片处于通常工作模式. 当电池放电电流变大, 会引起 VM 管脚处的电压上升, 若 VM 管脚处的电压在过电流检测电压  $V_{IOV}$  之上, 电池处于过电流状态; 如果这种状态保持相应的过电流延迟时间  $T_{IOV}$ , 芯片禁止电池放电, 充电控制端 CO 为高电平, 放电控制端 DO 为低电平, 芯片处于过电流模式. 一般为了对电池起到更加安全合理的保护, 芯片会对电池的不同过放电电流采取不同的过放电电流延迟时间保护. 即过放电电流越大, 则延迟时间越短. 当芯片的供电电压在过充电检测电压之上 ( $V_{DD} > V_{CU}$ ), 此时电池处于过充电状态; 如果这种状态保持相应的过充电延迟时间  $T_{CU}$ , 芯片将禁止电池充电, 此时放电控制端 DO 为高电平, 而充电控制端 CO 为低电平, 芯片处于过充电模式. 当芯片的供电电压在过放电检测电压之下 ( $V_{DD} < V_{DL}$ ), 电池处于过放电状态; 如果这种状态保持相应的过放电延迟时间  $T_{DL}$ , 芯片将禁止电池放电, 此时充电控制端 CO 为高电平, 而放电控制端 DO 为低电平, 芯片处于过放电模式.

2.3 电路设计

以上充电与保护电路模块按功能可分为 4 类: 电压偏置电路( 取样电路、电压基准电路)、比较器( 包括过充电检测比较器、过放电检测比较器、过流检测比较器、和负载短路检测电路、电源检测电路)、逻辑控制部分, 以及给其他部分提供偏置的电流源. 在此由于篇幅的限制, 主要介绍基准电路的设计.

蓄电池的充电及保护需要整个电路对外部电压的变化及时作出反应, 因此需要严格的基准电压. 此基准电路的设计的具体电路, 如图 5 所示. 其工作原理请参考基准电源的相关设计文章<sup>[3, 6]</sup>.

3 仿真模拟结果与分析

电路采用 CSMC 0.6  $\mu\text{m}$  数字 CMOS 工艺, 用 Cadence 的 Spectre 工具对电路进行模拟仿真分析, 结果如图 6, 7 所示. 随着电压在 9~ 15 V 的变化, 输出电压维持在 1.44 V 左右, 可知, 此基准电路随电源电压变化的影响很小. 温度在 - 10~ 90  $^{\circ}\text{C}$  范围内, 基准电压随温度的变化呈抛物线的形状, 因此, 电路的温度得到了很好的补

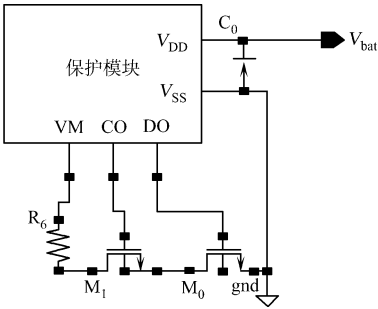


图 4 保护电路应用原理图

Fig. 4 Application of the protecting circuit

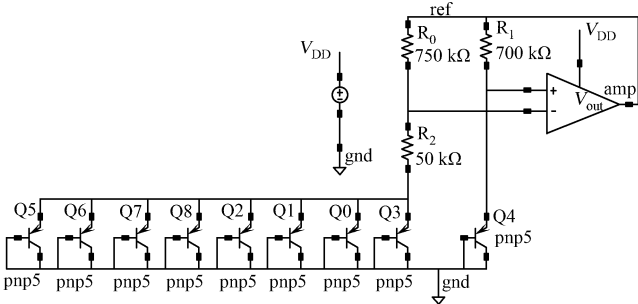


图 5 基准电路电路图

Fig. 5 Circuit of the voltage reference

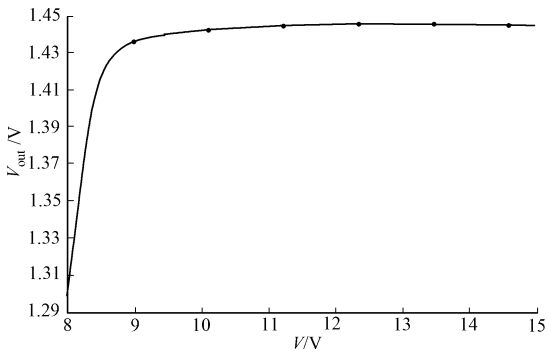


图 6 基准电路的电压特性

Fig. 6 Voltage characteristics of circuit reference

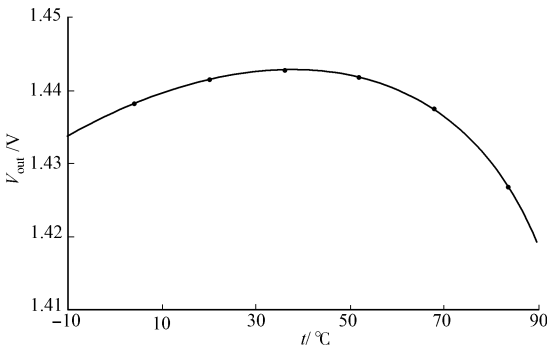


图 7 基准电路的温度特性

Fig. 7 Temperature characteristics of circuit reference

偿, 具有较好的温度特性.

4 结束语

本文设计了一种集蓄电池充电与保护功能于一身的集成电路, 不仅可以减少面积, 而且可以减少外围电路元器件. 电路某些电路同时采用了低功耗的设计, 可以节省功耗. 由于此项目正在进行设计优化阶段, 完整的仿真还不能达到要求, 还需要对各个模块电路进行优化设计. 但是在市场上目前很少有将充电与保护功能集成在一起的芯片, 因而此芯片有广阔的市场前景.

参考文献:

[ 1 ] 仇 宏, 朱国文. 免维护铅酸电池智能充电器的设计[ J ]. 信息技术, 2002(3): 24~25  
[ 2 ] ALLEN P E, HOLBERG D R. CMOS analog circuit design[ M ]. 2nd ed. Publishing House of Electronics Industry, 2005: 375~377.  
[ 3 ] RAZAVI B. Design of analog CMOS integrated circuits[ M ]. 陈贵灿, 等译. 西安: 西安交通大学出版社, 2002: 314~319.  
[ 4 ] 李 兵. 基于 UC3906 的免维护铅酸蓄电池智能充电器的设计[ J ]. 机械工程师, 2005( 11 ): 94~95.  
[ 5 ] 朱 军, 刘 昊. 一种低功耗的锂离子电池保护电路的设计[ J ]. 电子器件, 2004, 27( 2 ): 303~305.  
[ 6 ] 曾宏博, 胡 锦, 陈迪平. 一种高性能带隙基准的设计与分析[ J ]. 电子工程师, 2006, 32(2): 9~12.

A Design of a Lead-Acid Battery Charging and IC Protecting

LING Chao-dong, ZENG De-you, LI Guo-gang, WANG Jia-xian

( College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

**Abstract:** The charger and protector of the storage battery are independent each other at present, and also wasting lots of area. This paper introduces an IC integrated with the abilities of charging and protecting, with the CSM C 0. 6μm model. The IC not only achieves the float charging and the protection of over charging, over discharging, and over discharging current, but also solves the problem of wasting of area which caused by the independent elements. The electrocircuit is simulated by using the Spectre tools of Cadence. The result shows that the reference voltage varying in parabola with the temperature and the temperature of the circuit compensated well as the temperature between - 10~ 90 degrees.

**Keywords:** CMOS; float charging; over charging; over discharging; over discharging current; lead acid battery

(责任编辑: 鲁 斌 英文审校: 吴逢铁)