

一种耗尽型工艺锂电池充电保护芯片的设计

中心议题:

- * 系统结构的设计
- * 关键电路的实现
- * 芯片的测试结果

解决方案:

摘要: 提出了一种基于耗尽型工艺的单节锂离子电池充电保护芯片设计。阐述了此芯片的设计思想及系统结构,并对芯片关键电路的独特设计方法及原理进行了详细分析,特别是基准电路和偏置电路,利用耗尽型工艺使电路具有非常低的电源启动电压和功耗。在 Hspice 中仿真了采用 $0.6\ \mu\text{m}$ 的 n 阱互补金属氧化物半导体 (CMOS) 工艺制作全局芯片的测试结果。验证了此芯片具有过电压检测、过电流检测、0 V 电池充电禁止等功能,可用于单节锂离子电池充电的一级保护。

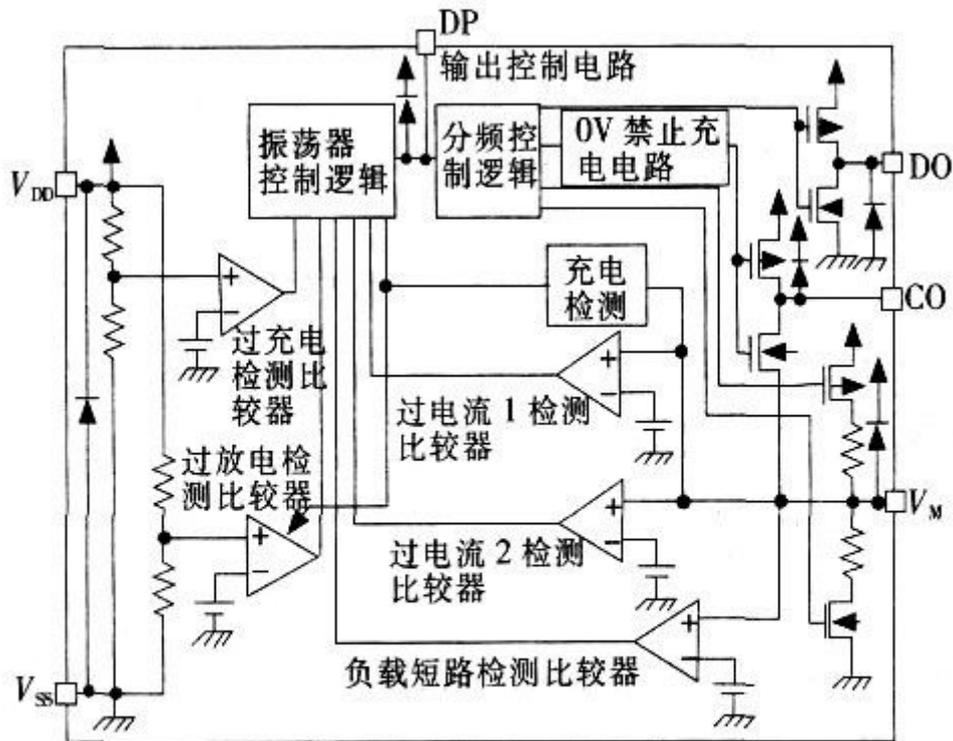
引言

便携式电子产品正向轻量化、超小型化发展,为此锂离子电池得到广泛应用,比较常见的正极材料为钴酸锂和锰酸锂的锂离子电池,还有磷酸铁锂电池和磷酸铁锰电池等。锂离子电池以能量高、寿命长、无记忆性、无污染等特点排在电池行业的最前列。但是锂离子电池和其他很多类型的电池一样极易出现过充电、过放电等现象,这些情况对锂离子电池更容易造成损害,从而缩短它的使用寿命。所以要求锂电池充电应具有一级保护功能。

目前国内还没有这种电池保护的核心技术,本文设计了一种锂离子电池充电保护电路,此保护电路的电压、电流源基于耗尽型工艺设计,便于实现低功耗。另外此保护电路的供电电压来源于电池电压,所以要求此保护芯片在电池电压变化范围 ($1\sim 8\ \text{V}$) 内正常工作。本文设计的保护电路以低功耗、高精度、高能量密度、高内阻、高安全性等特性脱颖而出,因此这种锂离子电池保护电路的应用得到了普及。

1 系统结构的设计

此芯片是单节电池的保护电路并且过电压、过电流的检测延迟时间是可改变的,其系统设计框图如图1所示,芯片设计 VDD、VSS、DP、CO、DO、VM 6 个引脚。通常情况下,即电池没发生过充电、过放电事件时,CO、DO 都为高电平,DP 端子悬空,图1中右半部分的6个 MOSFET 是耐高压管。



注：本 IC 内部的二极管是寄生二极管

图 1 单节锂电池充电保护电路系统框图

工作原理是通过监视连接在 V_{DD} 和 V_{SS} 之间的电池电压及 V_M 和 V_{SS} 之间的电压差控制充电器的充电和放电。

1.1 通常状态的设计

如图1所示，通常状态下，即电池电压在过放电检测电压（ V_{DL} ）以上且在过充电检测电压（ V_{CU} ）以下， V_M 端子的电压在充电器检测电压（ V_{CHA} ）以上且在过电流1检测电压以下的情况下，设计振荡器模块不工作，充电控制用 MOSFET 和放电控制用 MOSFET 的两方均打开。这时可以进行自由的充电和放电。

1.2 过电压检测的设计

当电池出现过充电时，过充比较器跳变，过充电检测电压 V_{CU} 从 H 变成 L，经过过充电检测延迟时间后，禁止电池充电。同时，电路的输出 TCU 为 H，经过一个反馈电路使过充电比较器的输入电压升高，所以电池电压必须下降更多才能使比较器输出变为 H。这就实现了过充电滞后电压的设计过程。

当电池过放电时，过放电检测电压 V_{DL} 从 H 变为 L，经过时间 T_{DL} 后，禁止电池放电。此时，通过 0 V 充电禁止模块使 V_M 升高，从而五个比较器的使能端 SD 跳变为无效状态，此时电路中的五个比较器都不工作，而且振荡器也不工作，电路进入休眠状态。当 V_M 降低使 SD 再次发生改变时，电路解除休眠状态。休眠状态的电流不能超过 100 nA。

1.3 过电流检测的设计

当 VM 端子电压大于过电流1 检测电压，并且这个状态在过电流1 检测延迟时间以上时，关闭放电用的 FET 从而停止放电。

当 VM 端子电压大于过电流2 检测电压，并且这个状态在过电流2 检测延迟时间以上时，关闭放电用的 FET 从而停止放电。

通过不同环形振荡器的振荡频率，调整过电流的检测延迟时间的长短，可及时停止放电。

2 关键电路的实现

本文从低功耗、低成本、宽工作电压范围等考虑，提出基于耗尽型工艺的独特设计方法。

OFweek 锂电电网