

一种实用的电子秤内置电池充电电路

□太原太航科技有限公司 刘海晋

【摘要】本文在DC/DC 降压电路基础上，介绍一种电池充电电路。

【关键词】电池充电；DC/DC；恒流；恒压

概述

电子秤当前的应用领域越来越广，好多用户需要电子秤可以移动或者在市电不方便的环境下使用。这就需要使用电池工作，电子秤一般功耗比较小，多数情况下使用内置电池即可满足需求，也就不可避免地涉及到内置电池充电的问题。

传统的充电电路一般会使用专用的电池充电芯片。但是充电芯片的价格比较高，提高了整机的成本。同时，不同的电池配置使用的也是不同的专用充电芯片，在使用时灵活性、通用性也不足。

1 电池充电过程解析

能否不使用专用充电芯片，使用简单通用的电路来给电池充电呢？

电池充电过程一般是：使用限定电流给电池充电，随着充电时间的推移，电池电压逐步升高，直到电池电压达到指定值（满值），充电结束。在整个充电过程中，任何时候电流不能超过限定值！任何时候电压也不能超过限定值！所以一般充电都是先恒流、后恒压的模式。

降压型DC/DC 的工作原理是：通过重复通断开关，把直流高压转换成高频的直流方波电压，再经整流平滑成直流低电压输出。通过实时监测输出电压的大小，调整开关的占空比来调整输出电压的

大小，构成闭环回路，使输出电压恒定。

2 DC/DC 方式电池充电电路

根据以上分析，我们可以使用DC/DC 芯片搭建一个充电电路。由于DC/DC 电路的输出电压可实时调整，我们可以利用这个电压实时调整的特性来做到充电电流可控制，来达到先恒流充电。同理，当电压不再调整时，随着电池电压的升高，电流自然减少，就做到后恒压充电。

以下实例是给电子秤内置的4串锂电池充电（蓄电池及其他节数锂电池的充电原理相同），原理图如下图。

整个充电电路由以下几部分构成：

2.1 DC/DC 变换电路部分

E1、C1、C2 组成输入电路，给DC/DC 芯片U1的输入供电；同时也给运放及比较参考电压供电。

L1、D1、E2、C4 组成开关电源输出电路，用于给后级电池提供可变充电电压。

R1、R2、R3 组成反馈电路，把当前的输出电压分压后反馈给DC/DC 芯片。当反馈电压高于基准电压时，DC/DC 芯片控制输出电压降低。当反馈电压低于基准电压时，DC/DC 芯片控制输出电压升高，最终使输出电压动态平衡于一个数值。这个反馈基准电压是我们整个电路的一个关键点，我们通过控制DC/DC 反馈脚的电压来达到恒流充电和恒压充电的目的。

2.2 电压减法器电路

使用高端电流采样方式（优点是可以使整个电

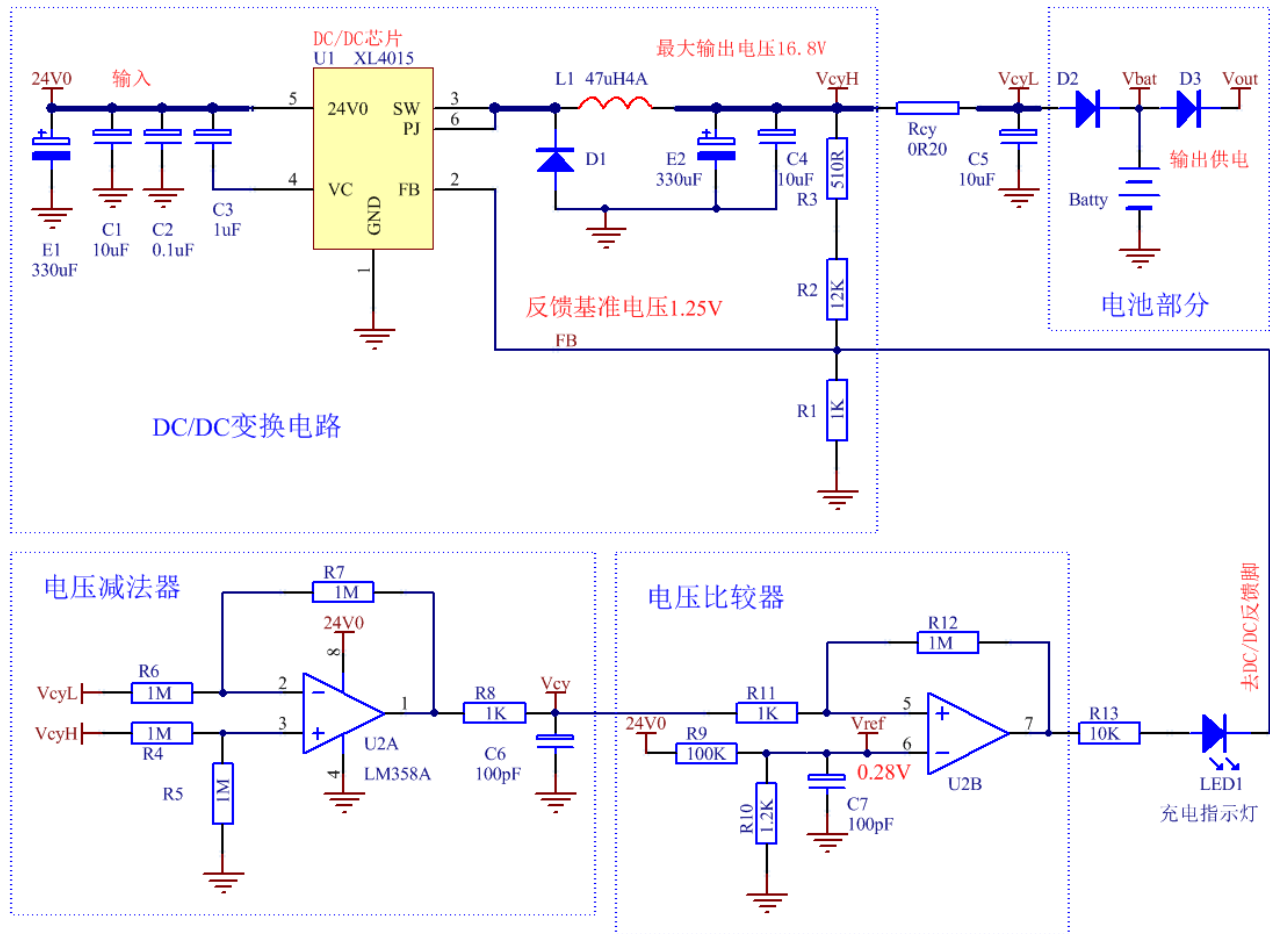


图 4串锂电池充电原理图

路共地)实时采集精密电阻 R_{cy} 两端电压 V_{cyH} 和 V_{cyL} , C_5 用于采样电阻的后级滤波稳压,也避免后级悬空。

使用双运放芯片的一个运算放大器 U_{2A} 和4个阻值相同的电阻 R_4 、 R_5 、 R_6 、 R_7 构成差分减法器。 R_8 和 C_6 组成一个一阶低通滤波电路,对运放的输出进行简单平滑,同时,避免输出悬空。输出电压等于 V_{cyH} 和 V_{cyL} 的差值 V_{cy} 。由于采样电阻 R_{cy} 已知,通过采样电阻 R_{cy} 的电流,就是充电电流 $I_c = V_{cy} / R_{cy}$ 。

2.3 电压比较器

使用双运放芯片的另一个运算放大器 U_{2B} 和电阻 R_9 、 R_{10} 、 R_{11} 、 R_{12} 构成迟滞比较器。用于比较采样电压 V_{cy} 和参考电压 V_{ref} 的大小。

比较器的输出经电阻 R_{13} 降压和 LED_1 单向导通的发光二极管送给DC/DC芯片的反馈脚 FB ,用于实时调整DC/DC的输出电压。另外, LED_1 还可以作为充电指示灯使用,灯亮为恒流充电,灯暗为恒压充电,灯灭为充电完成。

2.4 电池部分

这部分由电池和两个二极管组成。

D_2 用于在无市电的情况下,截止电池向前级倒灌电流,减少电池的损耗。

D_3 用于在有市电的情况下,截止后级向电池倒灌电流,以免损坏电池。

3 DC/DC方式充电过程说明

本电路图中,DC/DC最大输出电压 $V_{cyHmax} = 1.25V * (R_3 + R_2 + R_1) / R_1 = 16.8V$;最大充

电电流 $I_{max}=V_{ref}/R_{cy}=0.28V/0.20R=1.4A$ 。

以下假设电池当前电压 $V_{bat}=13V$ （欠电状态）来举例说明充电过程：

(1) 当DC/DC前级上电时，DC/DC输出端的电压 V_{cyH} 会从0V慢慢上升。

(2) 当 $V_{cyH} > 13V$ 时，会有电流流过采样电阻 R_{cy} ，充电开始。

充电电流： $I_c = \text{采样电阻两端的电压} / \text{采样电阻} = (V_{cyH} - V_{cyL}) / R_{cy} = (V_{cyH} - 13V) / R_{cy}$

此时 $V_{cyH} < 16.8V$ ，电压还在继续上升，则充电电流 I_c 也在继续上升。

(3) 电压减法器实时获取采样电阻两端的电压 V_{cy} ，并送给后级。

(4) 电压比较器实时比较 V_{cy} 和参考电压 V_{ref} 的大小； V_{ref} 由我们设定的最大充电电流决定，本例中 $V_{ref}=0.28V$ 。

(5) 当采样电压 $V_{cy} > V_{ref}$ 时（充电电流已到最大值 I_{max} ），比较器输出高，并反馈给DC/DC芯片的反馈脚FB，抬升FB的电压，告诉DC/DC芯片输出电压超限了！

(6) 由于比较器抬升了DC/DC芯片FB脚的电压，导致DC/DC芯片的输出电压下降，导致 V_{cy} 电压下降，导致比较器输出低，这样又会导致DC/DC的输出电压再次上升，再次导致比较器输出高，最终构成闭环调节，使DC/DC的输出电压动态稳定在：

$$V_{cyH} = V_{bat} + V_{ref}$$

由于 V_{ref} 为固定值，因此，DC/DC的输出电压实时根据电池电压的升高而升高，维持在恒流充电模式，即最大充电电流 I_{max} 。

在此恒流充电期间，比较器在反复输出高低电平，导致充电指示灯LED1在不停地亮灭，但是人眼看上去是常亮的，表示正在充电中！

(7) 随着充电时间的推移，电池电压逐步升高，DC/DC的输出电压也会逐步升高，最终 V_{cyH} 会达到最大值16.8V。此时输出电压不再上升，进入恒压充电模式，充电电流为：

$$I_c = (V_{cyH} - V_{bat}) / R_{cy} = (16.8V - V_{bat}) / 0.20R$$

此时，充电电压不变，充电电流 I_c 随着电池电压 V_{bat} 的升高而减少，充电维持在恒压充电模式。随着充电电流 I_c 的减少，比较器输出高电平的占空比下降，充电指示灯逐渐变暗，最终指示灯熄灭，表示充电完成。

4 DC/DC 充电电路应用

充电电路及可充电电池作为一个独立的电路整体，位于整个称重显示仪表电路的最前级。仪表后续电路的主电压是对电池电压进行降压稳压处理后得来的，称量的核心A/D电路部分的供电也是单独从电池或仪表主电压降压稳压后得来。故此，本充电电路对称重仪表的计量性能没有影响，也完全符合JJF 1834-2020《非自动衡器通用技术要求》对供电电源的相关要求。此电路在本公司多种型号的收粮秤及移动式台秤上对锂电池及蓄电池充电应用都取得了稳定可靠的效果。本电路通用性比较强，适用于大多数的带内置充电电池的电子秤使用。

5 结束语

本文基于电池的充电原理，阐述了DC/DC充电方式的基本工作过程。当前需要电子秤带电池的需求越来越多，本电路原理简单、成本低廉、可靠耐用、通用性强，适合给大多数的充电电流 $< 1.5A$ 的电子秤内置电池充电。

参考文献

- [1] 孙肖子，张企明. 模拟电子技术基础[M]. 西安. 西安电子科技大学出版社. 2001.
- [2] 王兆安，黄俊. 电力电子技术(第四版)[M]. 北京. 机械工业出版社. 2014.
- [3] 杨旭，裴云庆，王兆安. 开关稳压电源的设计和應用(第二版)[M]. 北京. 机械工业出版社. 2020.

作者简介：刘海晋，1977年出生，1999年毕业于西安电子科技大学。太原太航科技有限公司员工，从事电子衡器、计量测控等方面的嵌入式开发工作20余年。