



题目：可见光室内定位装置（I 题）

2017 年 8 月 12 日

摘 要

该装置主要是基于可见光通信原理（VLC），。主要有双向 DC-DC 变换、带有充电保护的电池组、电流控制模块、AD 转换模块。其中双向 DC-DC 变换用了 TI 公司的 tps54331 和 tps55340 对 PWM 控制的恒压输出进行降压和电池组两端的输出量做升压处理。电流控制模块运用 INA282 芯片对采样电流进行 50 倍的放大输出。AD 转换模块用 STM8S105C4 单片机中的 A/D 转换器计算电流控制模块的输出电流，并经 SSD1306 芯片控制 OLED 显示充电恒定电流和放电时负载稳定输出电压。经检测，本方案完成了全部基本功能和部分发挥功能，实现充电时，变换器的效率高达 95%。放电时，变换器的转换效率达到 95.4%。

关键词

Buck 变换 Boost 变换 PWM 控制 OLED 显示

主要

需要保证各单体的相互电气隔离，因此必须选用有隔离的 DC-DC 变换器，选用方案二。

1. 方案论证与比较

2. 理论分析与计算

1.1 监测系统比较与选择

2.1 定位方法

系统方案一：移相 PWM 零电压开关桥式双向 DC /DC 变换器通过相移控制实现软开关，优点是控制简单，恒频控制。

充电时，直流稳压电源给 Buck 模块提供电源，在 2.5V 的参考电压下输入，通过 TPS 54560 降压，产生恒定电流对五节 18650 型串联电池组充电，用 STM8S105C4 单片机对输出电流进行采样、放大，并显示 OLED 液晶屏上。手动切换开关，变换器处于放电状态，Buck 模块中的肖特基截止，在输出端接一个 30Ω 的负载，输出电压与芯片的 FB 端相连在用单片机对负载两端输出电流进行采样、放大、显示。将输出端反馈给 DC-DC 变换模块的 FB 端，使

系统方案二：在便携式应用中，从体积等方面因素考虑，一般采用非隔离式转换器，它根据输入与输出电压的关系又可以分为降压型（Buck）、升压型（Boost）、降压升压（Buck-Boost）转换器。结合此次竞赛题所给题目要求降压升压（Buck-Boost）型转换器实现方法复杂。

最终方案确定：首先电池组的单体是串联成组，

输出电压恒定为 30V。总体框架如图二所示：

图（2） 总体设计框架图

2.2 信息发送接收方法

2.2.1 恒流源输出电流的计算

在直流稳压电路输出的电流不稳定，要通过正反馈平衡式的恒流源基本结构搭建了功率恒流源。基本原理如图三所示：

根据深度负反馈运放的虚短和虚断概念，可以得出：

$$I_0 = \frac{V_1 - V_2}{D} = \frac{V_I}{D} \quad (1)$$

经计算得出恒流源输出电流：

$$I_o = \frac{V_1 - V_2}{R_r} = \frac{V_i}{R_r} \quad (2)$$

2.2.2 储能电感线圈的计算

充电时，输入电压 40V，输出电压 30V。频率设定为 400KHZ 根据 tps54560 芯片参数得出合适的降压电感，计算如下：

$$L_{O(Buck)} = \frac{V_{IN(max)} - V_{out}}{I_{out} \times K_{IND}} \times \frac{V_{out}}{V_{IN(max)} \times f(sw)} \quad (3)$$

放电时，输入电压 18V-24V，输出电压为 30V。

计算公式如下所示：

$$L_{(Boost)} = \frac{(V_{out} + V_D)}{I_{NDC} \times K_{IND}} \times \frac{1}{4 \times f_{sw}}$$

(4)

其中 K_{IND} 是表示电感纹波电流的最大值的系数输入电流，取值为 0.3。

$f_{(sw)}$ 是输入频率，经过计算得出 $L_{(Buck)} = 22\mu H$, $L_{(Boost)} = 10\mu H$ 。

2.2.3 充电电流步进可调

通过通过单片机产生 PWM 波，测量 PWN 波的电压，且 FB 端电压为 0.8V，再通过式子（3）得到输出电压，再通过电阻值的大小得出电流的大小，故 PWM 波可实现对电流的步进可调

$$\frac{V_{PWM} - 0.8}{R1} + \frac{2.5 - 0.8}{R2} = \frac{0.8 - V_{OUT}}{R3} \quad (5)$$

图（4）通过 PWM 控制恒流输出原理图

2.2.3 采样电阻的修正提高电流控制精度

（1）在充电和放电过程中还需有一个采样电阻，其作用获得电流，由于采样电阻阻值很小，其两端的电压很小，测量误差大。故将采样电阻两端的电流通过 INA282 放大 50 倍。再通过测量 INA282 的 -IN 和 IN+两端的电压和流过采样电阻的电流，采样电阻的阻值可由公式(4)得出。

2.3 抗干扰方法

降压（Buck）电路：主要用 tps54560 芯片达到降压效果，tps54560 输入范围在 7V-60V，

输出为 30V 工作用 PWM 控制恒定电流输入 DC-DC 模块,再用 LM4132 的高精度电压参考电路以 5V 输入, 2.5V 输出作为降压电路的参考电压, BRA-端和 B 端与电池组相接, 芯片 FB 脚的电压为输出电压为 0.8V,在输入端构成了简单的拓扑结构, BRA-端的电压只会受恒流输入的电流值控制。实现给电池充电的步进可调。主要原理图如下所示:

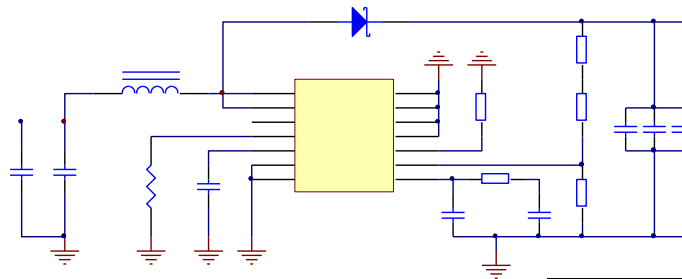


图 (5) 降压电路模块

升压 (Boost) 电路: 切换开关, 电池组开始放电, 同时充电部分的肖特基二极管处于截止状态, 如下图所示, R4、R100、R8 与 FB 端构成一个反馈电路, 当输出的电压发生改变时, FB 会自动反馈给 tps55340, 芯片会调节使输出负载恒定为 30V, 输出电流为 1A。**软件设计**
系统测试。

2.4 误差分析

3. 电路与程序设计

3.1 电路设计

3.1.1 基本要求测试

(1) 手动 S1、S2、S3 开关, 将装置设定为充电模式, 调节输入电源为 30V, 设置 I1=1A, 充电电流显示为 1.017A, 代表充电电流恒定。

(2) 步进可调测量, 并测试电流的控制精度。根据电流控制精度的定义:

$$e_{ic} = \left| \frac{I_1 - I_{10}}{I_{10}} \right| \times 100\% \tag{7}$$

I_1 为 B 和 BRA-两端的充电电流, I_{10} 为设定值。

测试数据:

I_{10} (A) 计算	步进值 (A)	I_1 (A)	控制精度
1.10	0.1	1.103	0.29%
1.21	0.01	1.216	0.49%

(2) 设定 $I_1=2A$, 调节输出电压为 24V 和 36V 测量 I_1 两端的电流。

当 $U_2=36V$ 时, 充电电流值为 I_{11} ; 当 $U_2=30V$ 时, 充电电流值为 I_1 ; 当 $U_2=24V$ 时, 充电电流值为 I_{12} , 电流变化率

$$S_{I1} = \left| \frac{I_{11} - I_{12}}{I_1} \right| \times 100\% \tag{8}$$

测量数据:

U_2	I (A)
24V	2.023

36V	1.945
-----	-------

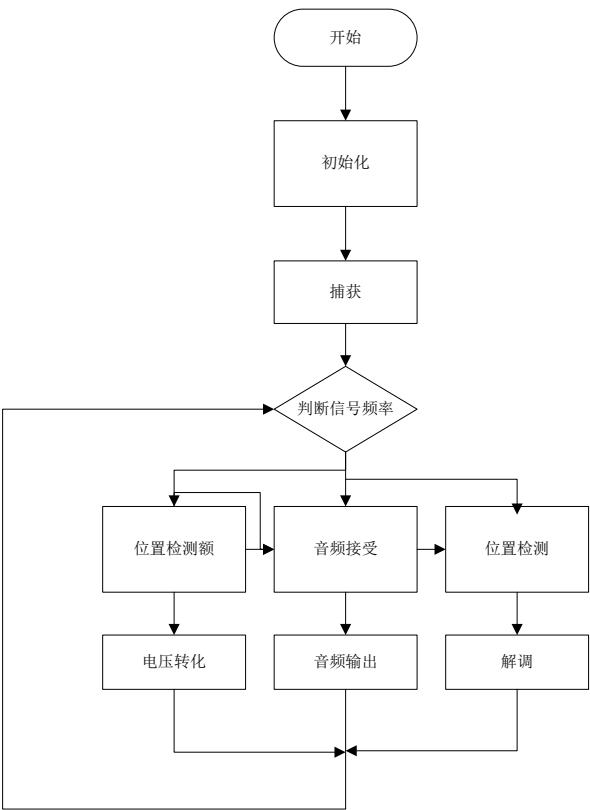
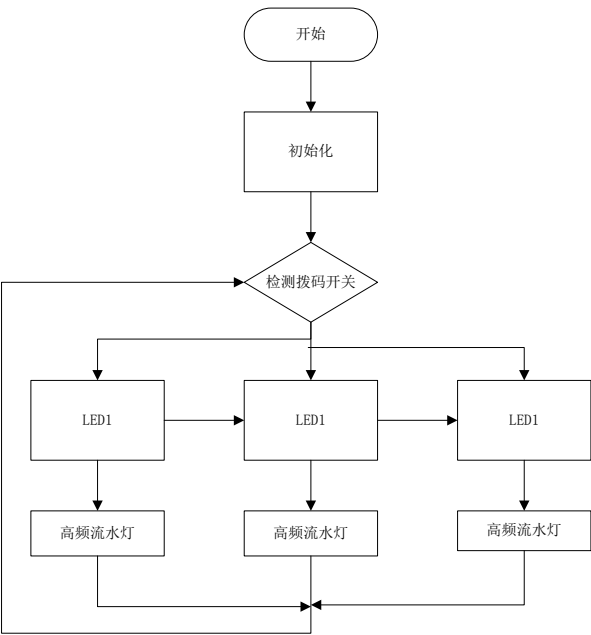
根据计算结果,电流变化率为 0.9%,达到要求。

(3)DC-DC 转换效率

转换效率： $\eta = \left| \frac{P_{out}}{P_{in}} \right| \times 100\%$ ； $P = U \times I$

(9)

3.2 程序设计



4. 测试方案与测试结果

4.1 测试方案

在关闭照明灯，打开窗帘，自然采光，避免阳光直射的情况下，对设计装置进行检测。每次测得的坐标值在 5s 内锁定显示。测试传感器位于各区域的坐标值并与坐标轴进行比较。

- （1） 硬件测试：利用数字万用表、模拟示波器、数字万用表等工具检测电路连通正确，无虚焊短路部分。
- （2） 软件仿真测试：使用 IAR 软件的仿真功能，单步执行程序，查看数量值变化，检测程序逻辑正确性。
- （3） 硬软件的联调：在检测硬件与软件正确后，实际测量，不断调整，减小误差。

4. 1. 1 测试环境

普通实验室，常温常压下。自行制作一个五面的箱子，尽量制造一个黑暗的环境，使误差降到最低。

4. 1. 2 测试仪器

测试仪器名称	规格	数量
DP832	线性直流源	1
34401A	数字万用表	1
DG1022	函数发生器	1
INSTEK	数字存储示波器	1

表 1 仪器列表

4. 2 测试结果完整性

根据题目的基本要求，按照图示连接好电路。以三个 LED 灯分别定为原点测量电路能够正确区分传感器位置,LCD 显示坐标值的分辨率为 0.1cm，传感器位于底部平面任意区域，其坐标值绝对误差不大于 3cm。当 LED 控制电路键盘输入数字时，测量电路能接收并显示 3 个 LED 发送的数字信息，并且在其外接 3 路音频信号源时，测量电路任选一路进行播放，

接收的语音信号均无明显失真。LED 控制电路采用 12V 单电源供电，测试得其供电功率不大于 5W，测试结果均满足题目要求。

4. 1 测试结果分析

位置绝对误差计算方法： $e = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$ ，式中 x、y 为测得坐标值，x0、y0 为实际坐标值。

	实际坐标(cm)	显示坐标 (cm)	绝对误差
A	(Xp, Yp)		
B			
C			
D			

结论

满足基本要求，实现对电池恒流充电，充电电流步进可调，电流控制精度不低于 5%，电流转换效率高达 95%，并能实现过充保护功能。在发挥部分，放电模式的变换器效率达到 95. 4%，总重量保持在 500g 内。