

针对锂电池的太阳能充电器的设计*

李晓帆

(湖南怀化学院 物信系, 湖南 怀化 418008)

摘要: 太阳能是一种可再生的新能源, 将太阳能转化成电能, 实现对锂电池的充电, 便捷、节能、环保。SPV1040 内置 MPPT 算法, 提高太阳能能量转化为电能的效率。为实现锂电池过压过流等保护, 合理设计 L6924D 外围电路, 制作了针对锂电池的太阳能充电器, 实现对锂电池的充电和管理。

关键词: 太阳能; 锂电池; SPV1040; MPPT

中图分类号: TK513

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)04-0089-03

Design of solar charger for lithium battery

Li Xiaofan

(Huaihua Institute of Physics and Information Engineering, Huaihua 418008, China)

Abstract: Solar energy is a renewable energy. To achieve the lithium battery charging, transferring the solar energy into electrical energy is energy saving and convenient. SPV1040 is built in MPPT algorithm to improve solar energy into electrical energy efficiency. For the protection from over-voltage and over-current to lithium battery, L6924D external circuit is rational designed to manage a solar charger to lithium batteries.

Key words: solar; lithium battery; SPV1040; MPPT

太阳能是一种便捷、环保、可再生的新能源。太阳能电池将光能转换成电能, 其等效电路如图 1 所示。

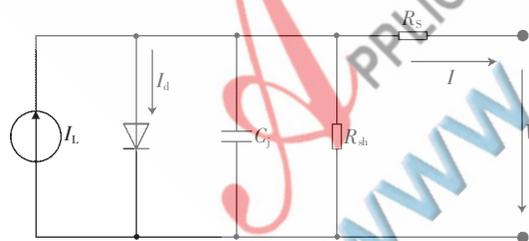


图 1 太阳能电池等效电路

太阳能电池输出电压电流 $I-V$ 方程为^[1]:

$$I = I_L - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{AKT} \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

其中 I 为 PN 结的电流, I_0 为反向饱和电流, V 为外加电压, q 为电子电荷 (1.6×10^{-19} C), K 为玻尔兹曼常数 (1.38×10^{-23} J/K), T 为绝对温度, A 为二极管因子 (取值范围 1~5)。

太阳能电池电压电流为非线性的, 日照条件不变的情况下, 太阳能电池输出存在一个最大功率点, 即在该点输出电压和输出电流下, 能够将太阳能最大程度地转

化为充电电能。目前所采用的方法是在太阳能电池阵列和负载之间增加一个 DC-DC 变换器, 通过改变 DC-DC 变换器中功率开关管的导通率, 使太阳能电池工作在最大功率点 (MPPT), 实现最大功率点跟踪。

本设计从充分利用太阳能的转换能量角度, 选用 SPV1040 DC-DC 转换芯片, 跟踪最大功率点, 提高太阳能的转换效率; 考虑到太阳能电池输出电压的变化范围以及锂电池的充电安全和充电器的自身工作状态, 选用 L6924D 电源管理芯片, 设计出以 SPV1040 和 L6924D 为主要芯片的太阳能锂电池充电器。

1 芯片介绍

1.1 SPV1040 的结构与工作原理

SPV1040 是 ST 公司生产的太阳能充电器 IC^[2], 内置采用扰动观察法 (Perturb&Observe algorithm) 的 MPPT 算法, 可动态调整充电器的输入阻抗, 确保充电器输入阻抗与太阳能电池完全匹配, 最大限度地提高从充电器到电池的能量输送效率和系统的整体能效。温度、老化、灰尘等引起太阳能电池变化所造成的不匹配问题, 都可通

* 基金项目: 湖南省自然科学基金科研项目 (07JJ6117)

应用奇葩

Example of Application

过 MPPT 技术加以解决，从而提高系统的能量转换效率。

SPV1040 内置 MPP 模块实现最大功率点跟踪。SPV1040 内部通过模拟模块产生输入参考电压 V_{in_ref} 和 V_{BG} ，对超低输入电压、输出过流、结温过高和输入反极性输入进行管理。

1.2 L6924D 的结构和工作原理

L6924D 是集成功率开关的锂电池充电芯片^[3]，内部产生 1.8 V 参考电压，通过电阻分压，将温度变化传递到输入端，实现对电池温度的监视；考虑到不同厂家锂电池输出电压的不同，可通过 V_{OPRG} 端的设置，悬空时输出 4.2 V，接地时输出为 4.1 V；可通过 SD 端设置芯片的工作状态；通过 V_{IN_SNS} 和 V_{OUT_SNS} 端监视输入电压、输出电压；在 L6924D 内部集成两个晶体管，通过集电极与 ST_1 、 ST_2 可驱动 LED 或与主机连接，显示充电器状态。通过 LED 显示状态情况如表 1 所示^[4-5]。

表 1 用 LED 显示的充电器状态

充电状态	描述	ST_1	ST_2
正在充电	预充电和快速充电	亮	灭
充电完成	充电电流低于 I_{ENDTH}	灭	亮
等待	输入电压低于 $V_{BAT}-50\text{ mV}$	灭	灭
温度过高/过低	温度未在设置范围，温度过高或过低	亮	亮
电池取出	不能检测到电池输出电压降低到 V_{ABS} 且 T_{DETTR} 已到时	亮	亮
充电超时	检测到 T_{MAXCH} 或 $T_{MAXPRECH}$ 已到时	亮	亮

2 电路设计

根据蜂窝电话用锂离子电池总规范(GB/T 18287-2000)，充电过程经历预充电、恒流充电和恒压充电^[9]。恒压充电的电压为充电限制电压。对于锂离子电池充电，需进行过充电保护、过电流保护和短路保护。

针对锂电池的太阳能充电器设计电路包括太阳能电池板升压电路和锂电池充电管理电路。太阳能电池板升压电路如图 2 所示。锂电池充电管理电路如图 3 所示。

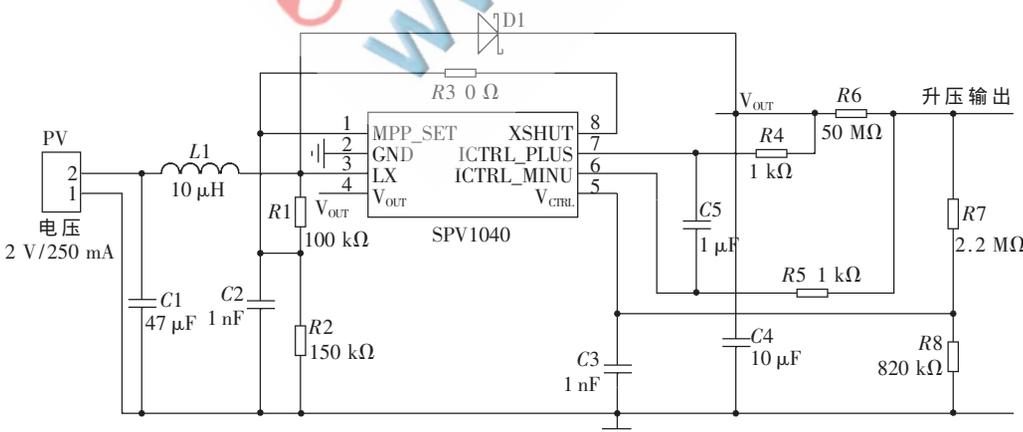


图 2 太阳能电池板升压电路

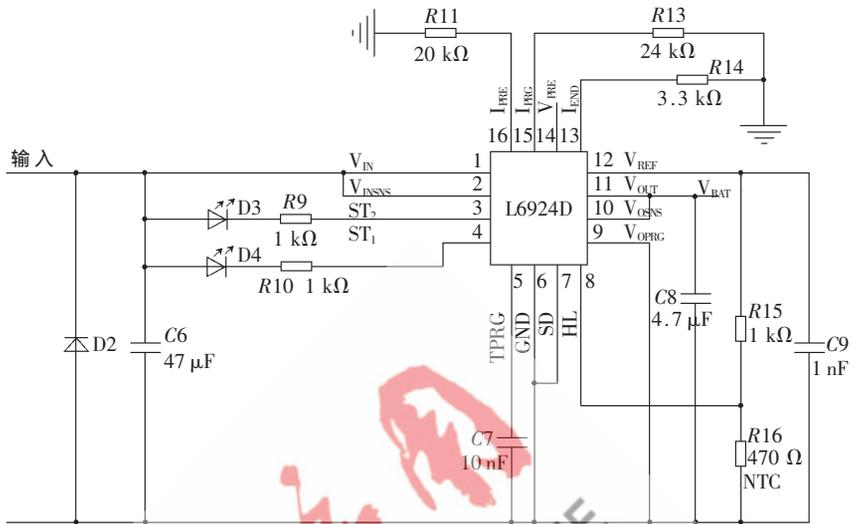


图 3 锂电池充电管理电路

2.1 参数选择

2.1.1 限制电压设置

通过对 V_{OPRG} 端的连接，设置输出电压。 V_{OPRG} 悬空，输出为 4.1 V， V_{OPRG} 接地，输出电压为 4.2 V。

2.1.2 恒流充电电流的设置

在 I_{PRG} 端与 GND 之间加入电阻 R_{PRG} (即图 3 中 R13)，设置 R_{PRG} 可改变恒流充电电流值 I_{CHG} ，其大小由式 (2) 决定。

$$R_{PRG} = V_{BG} \times \left(\frac{K_{PRG}}{I_{CHG}} \right) \quad (2)$$

其中 $K_{PRG}=9\ 500$ ， $V_{BG}=1.23\text{ V}$ 。

2.1.3 预充电电流的设置和预充电结束电压

V_{PRE} 端悬空，预充电电压取默认值 2.8 V。 V_{PRE} 通过电阻 R_{PRE} 接地，改变电阻 R_{PRE} 值，改变预充电结束电压值。 R_{PRE} 值由式 (3) 决定。

$$R_{PRE} = R_{PRG} \times \left(\frac{V_{PRETH}}{V_{PRETH_{default}}} \right) \quad (3)$$

其中 $V_{PRETH_{default}}=2.8\text{ V}$ 。

默认预充电电流为恒流充电电流的 10%，在 I_{PRE} 和地或参考电压 V_{REF} 间加入电阻，可设置预充电电流值。 I_{PRE} 与地之间加入电阻，预充电电流值较默认值高。接入电阻 R_{PRE} 由式 (4) 决定。

$$R_{PRE} = \frac{V_{BG}}{\frac{I_{PRECH}}{K_{PRG}} - \frac{V_{BG}}{R_{PRG}}} \quad (4)$$

I_{PRE} 与参考电压 V_{REF}

应用奇葩

Example of Application

间加入电阻,预充电电流值较默认值低。

接入电阻 R_{PRE} 由式(5)决定。

$$R_{PRE} = \frac{V_{REF} - V_{BG}}{\frac{V_{BG}}{R_{PRC}} - \frac{I_{PRECH}}{K_{PRE}}} \quad (5)$$

其中 $V_{REF}=1.8\text{ V}$, $K_{PRE}=950$, $V_{BG}=1.23\text{ V}$ 。

2.1.4 充电结束电流的设置

恒压充电电流逐渐减少到 I_{ENDTH} 时可认为充电结束。 I_{ENDTH} 可通过在 I_{END} 端接入电阻 R_{END} ,与 GND 相连。 R_{END} 的阻值由式(6)决定。

$$I_{ENDTH} = V_{MIN} \times \left(\frac{K_{END}}{R_{END}} \right) \quad (6)$$

其中 V_{MIN} 为 50 mV , K_{END} 为常数 1050 。

2.2 测试结果

本设计太阳能电池板使用 2 片 $5\text{ V}/250\text{ mA}$ 单晶超薄硅板,锂电池规格为 $3.7\text{ V}/1\text{ 200 mA h}$ 、充电限制电压为 4.2 V 的手机锂电池。考虑手机锂电池充电时间和充电方式,设置预充电电流 $I_{PRECH}=80\text{ mA}$,预充电结束电压 $V_{PRETH}=2.8\text{ V}$,恒流充电电流 $I_{CHG}=480\text{ mA}$,结束电流为 $I_{ENDTH}=15\text{ mA}$,恒压充电电压为 4.2 V 。

设太阳能电池的输出端即 SPV1040 的输入端电压为 V_{IN} ,SPV1040 的输出端电压为 V_{OUT} ,充电电压为 V_{BAT} ,锂电池初始充电电压为 2.30 V ,测试结果如表 2 所示。可见充电 273 min 后 ST1 灯灭 ST2 亮,充电结束。

本设计对容量为 1 200 mA h 的手机锂电池充电,阳光充足,充电时间为 4 h ,基本满足对锂电池的充电要求。

针对锂电池的太阳能充电器通过 SPV1040 内置 MPPT 算法,将太阳能电池板能量尽量转变为电能(转化效率达 95%),经过对 L6924D 外围电路选择,设置充电参数,实现对锂电池的充电管理和对充电电池的保护。

参考文献

[1] 赵为.太阳能光伏并网发电系统的研究[D].合肥:合肥工

表 2 SPV1040 输入输出电压测试

输入电压 V_{in}/V	输出电压 V_{out}/V	充电电压 V_{BAT}/V	时间 T/min	充电所处阶段
3.39	3.01	2.30	0	充电开始
4.12	3.74	2.53	15	预充电
4.20	3.87	2.88	30	恒流充电
4.58	4.09	3.35	60	恒流充电
5.62	5.22	3.68	90	恒流充电
6.29	5.86	3.89	120	恒流充电
5.39	4.95	4.17	150	恒流充电
6.17	5.77	4.19	180	恒流充电
6.04	5.64	4.20	210	恒压充电
5.71	5.33	4.20	150	恒压充电
5.92	5.55	4.21	273	充电结束

业大学,2003.

- [2] SPV1040:high efficiency solar battery charger with embedded MPPT[DB/OL].(2011-04-06)[2011-08-18].http://www.st.com/internet/analog/product/251161.jsp.
- [3] L6924D:battery charger system with integrated power switch for Li-Ion/Li-Polymer[DB/OL].(2010-09-22)[2011-08-18].http://www.st.com/internet/analog/product/103931.jsp.
- [4] NOGUCHI T,TOGASHI S,NAKAMOTO R.Short-Current-Pulse based adaptive maximum-power-point tracking for photovoltaic power generation system[J].IEEE Transactions on Industrial Electronics,1997,44(6):769-773.
- [5] ARAB A H,DRISS B A,AMIMEUR R,et al.Photovoltaic systems sizing for algeria[J].Solar Energy,1995,54(2):99-104.
- [6] GB/T 18287-2000.蜂窝电话用锂离子电池总规范[S].北京:中国标准出版社,2001.

(收稿日期:2011-10-25)

作者简介:

李晓帆,男,1975年生,硕士,讲师,主要研究方向:信号与信息处理。