



智能太阳能补电手机壳的设计

甘肃郑州大学电气工程学院 ■ 樊寅虎 秦帅兵 腊志源* 郑锦浩 冯黎艺 罗勇

摘要: 提出一种智能太阳能补电手机壳,采用3块单晶硅光伏组件作为电源,按照手机面板结构设计成双并联电源支路,通过自检测电路,实现不同光照下双并联电源支路的输出功率最大,最终完成手机在不同光照条件下的智能补电。整个装置由太阳能采集模块、降压稳压模块构成,其中,太阳能采集模块为双并联支路,降压稳压模块以芯片 TD1410 为核心进行稳压。该智能太阳能补电手机壳可自行检测光伏组件的感光情况,在不同适用情况下可采用不同工作模式实现输出功率最大,对手机进行补电。

关键词: 便携补电; 太阳能; 光伏发电; 节能环保; 智能手机壳

0 引言

手机作为人们日常生活的必需品,全国手机每天的耗电量超过 8 亿 kWh,消耗巨大;而现在利用清洁无污染、可再生的光伏发电已成为一种必然趋势,因此,在日常使用手机时,利用光伏发电对手机进行补电,可减缓手机耗电速度,节省大量能源^[1-2]。基于环保及便携补电的实际需求,太阳能便携补电装置具有广阔的应用前景。

目前,利用太阳能给充电宝充电的技术已相当完备。以充电宝内部蓄电池作为储电设备,将光伏组件采集到的电流经过升压稳压后得到 5 V 稳定电压的电流储存在蓄电池内部,使用时以 5 V、1 A 的恒定电流对手机充电^[3]。目前已有的太阳能手机充电器绝大多数采用蓄电池作为中继储能设备,先采用光伏组件或外部电源对蓄电池充电,使用时再利用蓄电池给手机充电;同时采

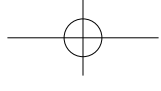
用单片机通过 AD 转换采集手机电池端口电压与标准电压进行比较,以控制充电电路的通断^[4-6]。但采用蓄电池作为中继储能设备或采用单片机等设备进行控制都必然会存在充电设备实体体积较大、不便携带、损耗高、效率低等缺点。因此,本文设计了一种智能太阳能补电手机壳,不配置蓄电池,直接给手机充电,并且可根据光伏组件感光情况自行选择工作模式,具有体积小、损耗少、便于携带且使用方便的特点。

与通常在手机正常使用时采用功率充电装置增加手机电池电量的“充电”方式不同,由于本设计中的单晶硅光伏组件面积较小,输出功率很小,不足以完全替代手机的正常充电,只能减缓手机电池电量的消耗速度,延长手机使用时间,因此,本设计的工作模式称为“补电”。本设计既符合节能环保的现代消费理念,亦可为太阳电

收稿日期: 2019-02-01

基金项目: 国家大学生创新重点项目 (S201810459021); 河南省大中专院校就业创业研究项目 (JYB2018004); 郑州大学大学生创新创业训练计划项目 (201810459021)

通信作者: 腊志源 (1998—), 男, 本科, 主要从事电力电子系统设计方面的研究。1206909871@qq.com



池的广泛应用提供一种思路,同时也解决了手机充电时需要寻找电源插头的不便。

1 系统方案设计

本设计的智能太阳能补电手机壳以单晶硅光伏组件作为补电电源,整个装置由太阳能采集模块、降压稳压模块构成。由于室内光照较弱,仅1块单晶硅光伏组件不足以提供足够的功率给手机补电,考虑到折叠式手机壳的正反面都具有较大的面板,因此,设计采用折叠式手机壳在其正反面除放置手机外的另外3面布置3块单晶硅光伏组件进行补电,如图1所示。

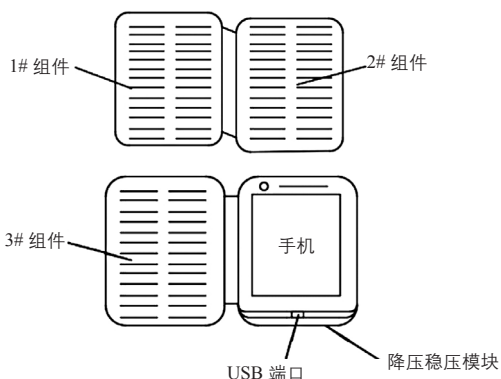


图1 组件与手机壳外观布置示意图

本方案采用3块实际受光面积为 $80\text{ mm}\times 160\text{ mm}$ 的单晶硅光伏组件作为电源,单块组件的转换效率为19%,标称输出功率为1.9 W。使用普通布制材料固定3块光伏组件的位置,在1#组件背面粘附与手机型号对应的手机壳,用来固定手机位置,手机壳采用较为轻薄的塑料质地。降压稳压模块采用贴片型电路设计,缩小体积,最终作为手机下托固定在1#组件背面手机壳的下方;采用USB线连接USB端口给手机补电。采用下托式设计的优点是可以增大组件的受光面积,提高输出功率。在无手机充电器的情况下,可以通过降压稳压模块的USB线给手机补电。

在实际使用时,折叠式手机壳上的3块单晶硅光伏组件可能不能同时感光工作。若将3块组件串联,当其中1块组件被遮挡无法接收光照时,不感光的组件不仅不产生功率,还会吸收另外2

块感光组件产生的功率,严重时甚至会导致整个支路产生的功率为负;若将3块组件并联,又会面临光照较弱时组件输出电压太低,导致功率不足的问题。因此,首先要解决3块光伏组件组合时的发电功率控制问题,即组件的串、并联问题。

本设计中的太阳能采集模块包含2条光伏组件支路,采用的方式为:将2块组件串联作为一条支路,另1块组件单独作为另一条支路,然后2条支路并联,分别工作。考虑到在“1条支路感光工作,另1条支路无感光不工作”时,不工作支路上的组件会作为负载消耗一部分电能,因此设计时在2条支路上各安装了1个光敏二极管,利用其光敏特性控制其所在支路的通断,以确保在无感光时可及时切断对应支路,防止该支路组件作为负载消耗电能,解决光伏组件相互影响及电压不足的问题。

本设计中的降压稳压模块包含高电平检测器、发光二极管、降压稳压芯片、反馈调节电路、稳压管及LC滤波电路,其中,降压稳压芯片采用TD1410,稳压管采用SS34。由降压稳压芯片输出的电流经过稳压管稳压后,利用LC滤波电路减少高、中频干扰,然后将电流输出给手机进行补电。同时,在输出端通过反馈调节电路采样输出电压反馈给降压稳压芯片,确保输出电压恒定。整体系统设计图如图2所示。



图2 整体系统设计图

2 太阳能采集模块的设计

如前文所述,本设计中的太阳能采集模块采用2条单支路并联的设计。其中,支路1串联2块光伏组件,设计在手机壳背面;支路2为1块光伏组件,设计在手机壳正面。太阳能采集模块的设计如图3所示。

每条支路都串联了1个光敏二极管作为开关,利用其光敏特性来控制该支路是否接入整个太阳能采集模块电路。当手机壳朝上或朝下放置时会遮

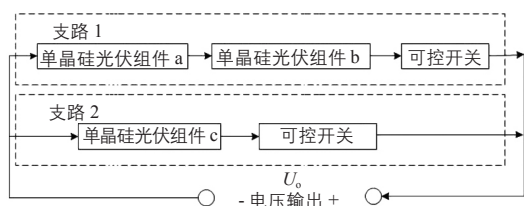
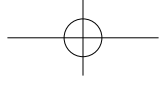


图3 太阳能采集模块原理图

挡住其背面或正面，即图1中的3#组件受光面朝下或1#、2#组件受光面朝下，此时有一面会无感光，可通过该面所在支路上的光敏二极管控制断开该支路，使该支路的组件无法从另一感光支路上吸收功率。如此设计，无论哪一面感光，该支路上的组件均可独立正常工作，给手机进行补电。

根据实际使用情况，该太阳能采集模块共有单块光伏组件供电、双光伏组件串联供电、双支路并联供电3种工作模式。

2.1 工作模式1：单块光伏组件供电

当手机在使用中时，3#组件受光面朝上，1#、2#组件受光面朝下，此时为1块光伏组件供电。支路2上的光敏二极管感光导通，3#组件接入电路工作；支路1上的光敏二极管无感光，该支路断开，1#、2#组件不接入电路。该工作模式下，只有3#组件感光工作，给手机补电。

2.2 工作模式2：双光伏组件串联供电

当手机不使用，手机屏幕朝下放置时，1#、2#组件受光面朝上，3#组件受光面朝下，此时为2块光伏组件串联供电。支路1上的光敏二极管感光导通，1#、2#组件接入电路工作；支路2上的光敏二极管无感光，该支路断开，3#组件不接入电路。该工作模式下，只有1#、2#组件感光工作，给手机补电。

2.3 工作模式3：双支路并联供电

当手机竖直或倾斜放置时，1#~3#组件均感光，此时为双支路并联供电。2个支路上的光敏二极管均感光导通，支路1上的1#、2#组件串联后再与支路2上的3#组件并联接入电路。该工作模式下，手机壳上的3块组件均感光工作，给手机补电。

3 降压稳压模块设计

3.1 降压稳压模块结构

降压稳压模块主要对太阳能采集模块输出的电流进行降压稳压。太阳能采集模块的3种工作模式可输出电压为4.6~12.44V的电流，经过降压稳压模块后，得到稳定电压为5.29V的输出电流。降压稳压模块由太阳能采集模块输出的电流供电，其结构图如图4所示。

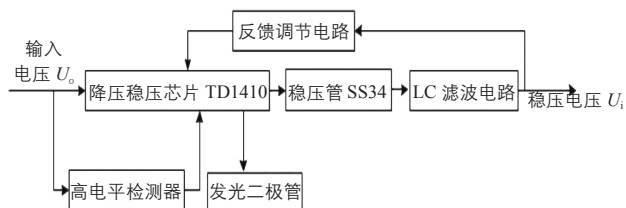


图4 降压稳压模块原理图

以太阳能采集模块产生的电流作为输入，由TD1410电平检测器EN端检测输入电平的高低，EN端输入为高电平时工作。TD1410进行降压稳压后，输出稳定电流经稳压管SS34稳压，再通过LC滤波电路减少高低频干扰，得到稳定电压；同时反馈回路通过输出端的分压电阻对输出电压大小进行采样，反馈给TD1410，调节输出电压的稳定；最后输出稳定电压为5.29V的电流，对手机进行补电。

3.2 降压稳压模块的详细设计

降压稳压模块电路图如图5所示。该降压稳压模块的核心元器件为TD1410，该芯片的输入电压范围为3.5~20V，经过降压稳压后得到1.222~18V的可调电压，基准电压 $U_{FB}=1.222V$ ，通过输出端分压电阻调节输出电流的电压大小。输出电压需满足：

$$\frac{U_i}{U_{FB}} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad (1)$$

式中， U_i 为稳压电压； R_1 、 R_2 分别为电压采样的分压电阻。

如图5所示， $R_1=6.2k\Omega$ ， $R_2=1.91k\Omega$ ，代入式(1)，可得空载稳压电压 $U_i=5.19V$ 。由于 R_1 、 R_2 阻值与实际阻值不同，存在系统误差，实际测

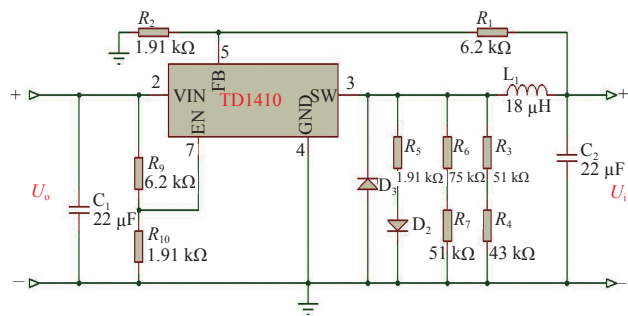


图 5 降压稳压电路图

得空载稳压电压为 5.29 V。系统的设计值和实测值在允许的误差范围内。

本设计中的太阳能采集模块在 1 块光伏组件工作时可产生 4.6 ~ 6.22 V、20 ~ 140 mA 的电

流，2 块光伏组件串联工作时可产生电压为 6.22 ~ 12.44 V 的电压，经过降压稳压模块后可得到 5.29 V、90 ~ 650 mA 的电流，带上手机负载后，以 4.2 ~ 5.29 V、20 ~ 90 mA 的工作电流输出给手机补电。

4 实验结果及分析

4.1 实验结果

表 1 为本设计的系统在 3 种工作模式下的部分实验结果。其中，数据①是在光照极弱的条件下测得；数据②、③是在光照较弱的条件下测得；数据④~⑥是在光照充足的条件下测得。

表 1 部分实验结果

模式	序号	组件输出		稳压输出		工作输出		
		U_0/V	I_0/mA	U_1/V	I_1/mA	U_2/V	I_2/mA	P/W
工作模式 1	①	5.14	6.2	4.62	24.5	4.56	1.0	0.000638
	②	5.94	31.5	5.29	149.9	4.53	24.7	0.111891
	③	5.95	71.2	5.29	275.7	4.63	47.3	0.218999
	④	6.07	72.2	5.29	530.0	5.25	60.2	0.316050
	⑤	6.08	81.2	5.29	550.0	5.28	69.5	0.366960
	⑥	6.20	135.4	5.29	650.0	5.28	82.0	0.432960
工作模式 2	①	10.13	6.0	5.29	38.4	5.29	1.9	0.001005
	②	12.02	29.3	5.29	172.8	4.62	30.4	0.140448
	③	12.13	74.7	5.29	320.9	5.28	83.0	0.438240
	④	12.17	97.0	5.29	404.5	5.28	83.4	0.440352
	⑤	12.18	94.2	5.29	853.0	5.28	139.2	0.734976
	⑥	12.42	90.7	5.29	351.9	5.28	82.9	0.437712
工作模式 3	①	5.34	11.2	5.13	51.1	5.02	3.4	0.017068
	②	6.12	58.1	5.29	286.7	5.16	49.7	0.256452
	③	6.14	134.1	5.29	503.1	5.28	98.6	0.520608
	④	6.17	163.3	5.29	843.3	5.28	112.1	0.591888
	⑤	6.19	170.5	5.29	1214.6	5.28	170.3	0.899184
	⑥	6.22	230.6	5.29	798.6	5.28	150.1	0.792528

注： U_0 、 I_0 分别为组件的开路电压和开路电流； U_1 、 I_1 分别为空载时降压稳压模块输出的稳压电压和稳压电流； U_2 、 I_2 分别为给手机充电时的工作电压和工作电流

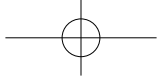
4.2 结果分析

表 1 中仅为部分实验数据，通过对比每种工作模式在 3 种光照条件下的 6 组实验数据，可知：

1) 光照充足情况下的功率是光照极弱情况下

的数 10 倍。

2) 采用工作模式 1 和工作模式 2 时，在光照条件下产生的开路电压 U_0 和开路电流 I_0 之间没有比例关系。光照充足时，单块组件产生的电压



均为 4.6~6.22 V, 双组件串联产生的电压为 9.2~12.44 V, 电流大小受光照条件的影响较大。经过降压稳压后得到稳定电压, 开路时稳压电压 $U_1=5.29$ V, $I_2=KI_1$, 但由于降压稳压模块内部损耗受 U_0 、 I_0 的影响, 系数 K 的值无法确定。开路电流 I_0 或开路电压 U_0 增大, 均会使降压稳压模块内部损耗增加。

3) 由数据②、③可知, 在光照较弱的条件下, 工作模式 1 的输出功率较低, 接上负载时, 输出电压降低较多, 此时可以采用工作模式 2 供电, 以增大输出功率。

4) 由数据④~⑥可知, 工作模式 2 的输出功率为工作模式 1 的 1~2 倍。由于实验中可能有某一块组件的感光不好, 使工作模式 2 的输出功率达不到工作模式 1 输出功率的 2 倍, 情况严重时工作模式 2 的输出功率甚至低于工作模式 1, 最后结果由实际的感光情况决定。

5) 由数据①~⑥可知, 在同一环境条件下, 工作模式 3 的输出功率最高, 其值仅略小于工作模式 1 和工作模式 2 的输出功率之和。造成这一情况的原因是由于在实际使用时手机放置不合适, 导致某一支路上的组件感光情况不好。

综上所述, 在光照充足的外部环境下, 3 种工作模式都可以产生工作电流给手机进行补电; 工作模式 2 的输出功率为工作模式 1 的 1~2 倍, 工作模式 3 输出功率最高, 因此, 在使用时可将手机竖直或倾斜放置, 使补电装置进入工作模式 3, 以提高输出功率。在光照较弱的外部环境下, 若工作模式 1 不足以产生足够的电压给手机补电, 可以采用工作模式 2, 以提高输出电压。在光照极弱的外部环境下, 即使工作模式 3 也不足以产生足够的电压给手机进行补电, 可以通过 TD1410 内部防逆流装置防止手机电流逆流, 避免补电装置成为负载来消耗手机电能。

从上述实验可以发现, 单晶硅光伏组件发电功率受光照影响很大, 应尽量在光照充足的环境下使用。

4.3 技术经济效益分析

实验采用的手机是 vivo Y85 机型, 该型号手机电池的实际电量为 3260 mAh, 可正常使用约 8 h, 平均每小时耗电约为 400 mAh。本设计的补电装置充电转换效率约为 70%, 在光照充足时, 3 种工作模式的充电电流均值约为 80 mA。以此作为参数匡算如下:

该手机壳每小时可补充的电量为 $80 \text{ mAh} \times 70\% = 56 \text{ mAh}$, 则使用该手机壳每小时可延长手机使用时间为 $56 \div 400 = 0.14 \text{ h}$; 使用该手机壳前、后的电池电量使用时间比值为 1:1.14, 据此可推算, 使用该手机壳后能量节约比为 12.3%。因此, 本设计中能量的节约效益较为明显, 具有较好的技术经济性。

5 结语

本文研制了一种智能太阳能补电手机壳, 既可以给手机补电, 便携实用, 又解决了室外手机充电需要电源插头的限制; 同时, 利用太阳能补电也符合现代节能环保的理念。在经济方面, 本设计费用不高, 既可保护手机, 又可在需要时利用太阳能给手机补电, 经济实用; 在技术方面, 本设计采用光伏发电原理, 巧妙地利用组件的串、并联设计, 使其可在 3 种不同光照条件下对手机补电。本设计的经济、社会效益明显, 具有较好的产品竞争力和市场前景。

参考文献

- [1] 潘忠涛, 郝军, 王璟. 太阳能发电技术发展现状及展望 [J]. 科技创新导报, 2017, 14(26): 100, 103.
- [2] 叶玲节, 刘军, 周侠, 等. 浙江省光伏发电行业发展现状、问题与对策研究 [J]. 产业与科技论坛, 2018, 17(9): 21 - 22.
- [3] 蒲晓隆. 太阳能手机充电宝的设计及制作 [J]. 电子制作, 2017, (7): 70 - 71.
- [4] 丁学用, 王玲玲, 何彦廷. 便携式太阳能手机充电器设计 [J]. 中国科技信息, 2014, (16): 190 - 192.
- [5] 李作文, 于海月. 单片机控制太阳能充电控制器 [J]. 光电技术应用, 2015, 30(3): 54 - 57, 78.
- [6] 庄志红. 基于 PIC 单片机的太阳能充电器控制系统 [J]. 太阳能, 2010, (11): 38 - 40. 太阳能