

全国大学生能源经济学术创意大赛

创新创业设计类

作品名称

偏远油气田太阳能发电系统优化设计

作者：梁浩楠

指导教师：李江飞、承德石油高等专科学校

大赛组织委员会

偏远油气田太阳能发电系统优化设计

摘要：对于用电负荷较小的边远油田，采用小型离网太阳能光伏发电系统进行就地发、供电，克服了远程电缆的费用高或附近无富余电力的限制，系统一次性投资较低且无后续能源消耗，实现了偏远油田供电系统成本低廉、维护管理方便、资源节约、环境友好的目的，值得推广使用。在探讨光伏发电原理和 LED 发光特性的基础上，设计制作了一套太阳能光伏发电跟踪系统，并进行了测试分析，提高了光电转换效率，并以此为电源，设计出可实用的太阳能光伏照明系统，该系统不仅能作为太阳能路灯和台灯使用，而且使用方便，具有光控等功能，该系统能用于家庭和实验室等需要照明的地方，节能减排效果明显，具有很好的应用前景。

关键词：光伏发电；跟踪系统；LED 照明系统；节能减排

第一章、作品内容简介

对于用电负荷较小的边远油田，采用小型离网太阳能光伏发电系统进行就地发、供电，克服了远程电缆的费用高或附近无富余电力的限制，系统一次性投资较低且无后续能源消耗，实现了偏远油田供电系统成本低廉、维护管理方便、资源节约、环境友好的目的，值得推广使用。

第二章、太阳能跟踪系统

跟踪系统可以使太阳能电池尽量对准太阳，使太阳垂直照射到太阳能电池板上，使太阳能电池板在当前环境下保持能够达到的最大发电功率，从而提高总体发电量，进而降低输出电能的成本。

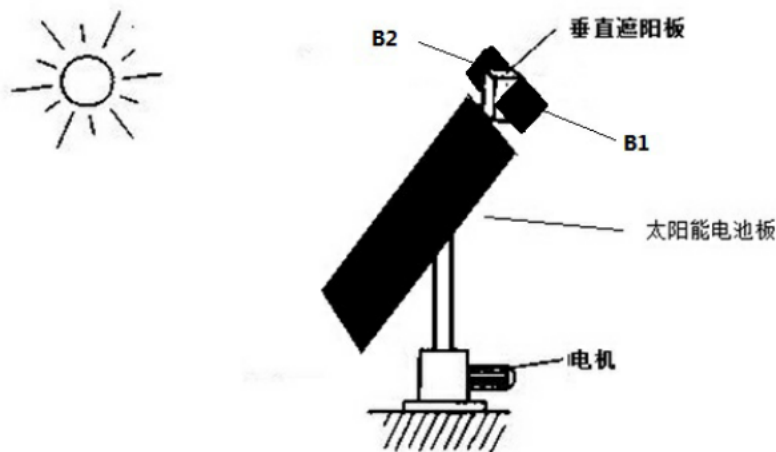


图2.1 太阳能光伏跟踪示意图

2.1跟踪运行流程

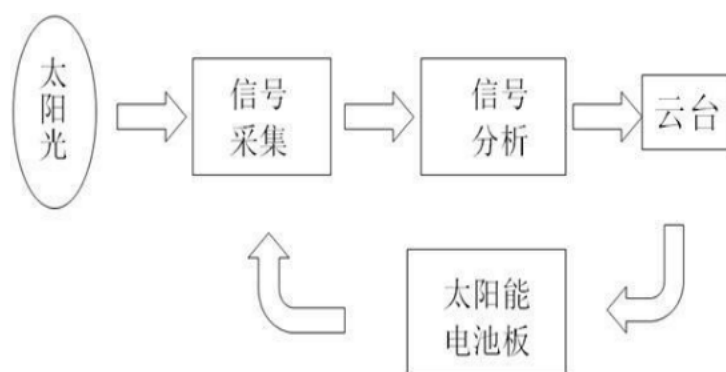


图 2.2 太阳能跟踪流程图

太阳能跟踪系统主要由信号采集部分和信号分析部分及云台构成，信号采集部分将此时太阳能电池板东西方向的光照强度收集，然后交于信号分析部分分析，若板与太阳光不垂直则使电机转动，直至太阳光垂直照射到板上时停止。

1) 信号采集部分

信号采集部分由不透光挡板及分布在挡板两侧的两块微型光电池构成，其作用是用来实时采集挡板两侧光强。

2) 信号分析部分

信号分析部分是用来，并判断太阳与太阳能电池板的位置关系，并控制云台转动，直至太阳能电池板与阳光垂直，使太阳能电池板在同样的光照下达到最大发电量。

3) 云台

云台具有转动功能，用来搭载太阳能电池板及信号采集部分。

2.2 跟踪系统电路原理

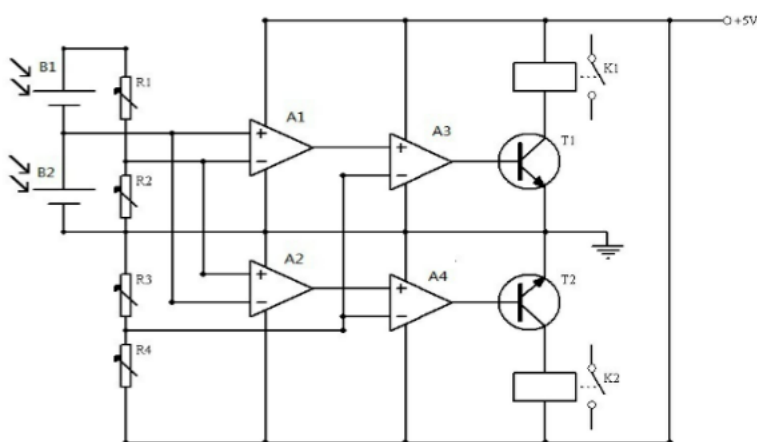


图 2.3 跟踪原理图

原理如上图 2.3, 图中电路上下对称, 采用了运算放大器, 微型光电池, 继电器这些元件来完成功能。

当太阳光在挡板左侧时 B2 光照小于 B1, 因此电位低于 B1, 运放 A1 正相输入电压小于反相输入电压输出电位低, 而运放 A2 正相输入电压大于反相输入电压输出电位高;

调节 R3,R4 使 A3,A4 反相输入电压为 3V (大于低点位且小于高电位), 因此运放 A3 正相输入电压小于反相输入电压输出电位低, 而运放 A4 正相输入电压大于反相输入电压输出电位高。此时三极管 VT1 基极电位为负输出点位低, VT1 处于截止状态, 继电器 K1 无电流通过, 开关 K1 断开 ;VT2 处于饱和状态, 电流通过继电器 K2 闭合, 控制电机向一个方向转动, 太阳能电池板向左转动。

同理, 当太阳光在挡板右侧时 B1 有光照强, 电位高于 B2, K2 断开, K1 闭合控制电机向另一方向转动, 电池板向右转动。

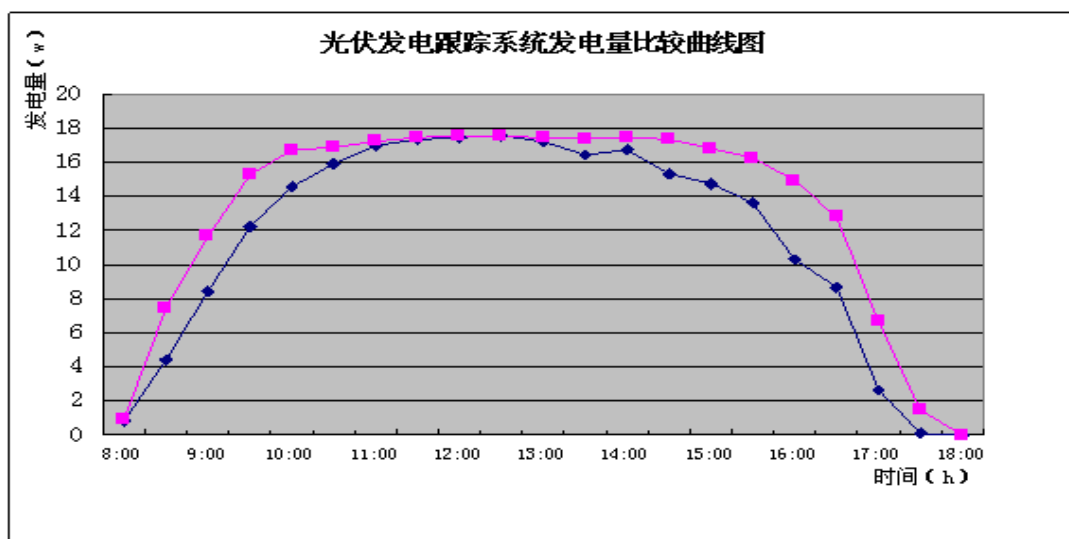
当太阳能电池板转动使挡板平行于阳光时, B1,B2 所收光照强度相同, 运放 A1,A2 输出电压为 0, A3,A4 正输入电压小于反相输入电压输出点位低, 此时 VT1,VT2 都处于截止状态, 继电器 K1,K2 都没电流通过, 开关都断开, 电机停止转动, 此时太阳能电池板正对太阳, 有效吸收面积达到最大。实现了太阳能跟踪的目的。

2.3 实验数据及处理

表 2.1 跟踪系统发电量对比

时间	固定板发电功率/W	跟踪板发电功率/W
8:00	0.84	0.94
8:30	4.41	7.43
9:00	8.43	11.64
9:30	12.22	15.27
10:00	14.56	16.7
10:30	15.91	16.89
11:00	16.99	17.22
11:30	17.33	17.45
12:00	17.45	17.54
12:30	17.56	17.53
13:00	17.21	17.43
13:30	16.43	17.37
14:00	16.73	17.47
14:30	15.32	17.34
15:00	14.76	16.82

15:30	13.61	16.25
16:00	10.29	14.93
16:30	8.67	12.79
17:00	2.64	6.64
17:30	0.1	1.45
18:00	0	0



蓝曲线表示固定板发电功率

紫曲线表示跟踪板发电功率

图 2.2 发电量比较图

从图示可看出在早晚时段上跟踪式太阳能电池板比固定式太阳能电池板在很大程度上提高了太阳能发电的效率。而在中午时段太阳能电池板和固定式太阳能电池板相对太阳位置基本一样，所以输出功率基本一致。通过数据采集，计算输出功率提高 23.3%。

第三章、LED 发光的特性

3.1 LED的发光原理

LED是由III-V族化合物，如GaAs、GaP、GaAsP等半导体制成的，其核心是PN结。因此，它具有一般PN结的伏安特性，即正向导通、反向截止、击穿特性。此外，在一定条件下，它还具有发光特性。在正向电压作用下，电子由N区注入P区，空穴由P区注入N区。进入对方区域的少数载流子的一部分与多数载流子复合而发光，如图3.1所示

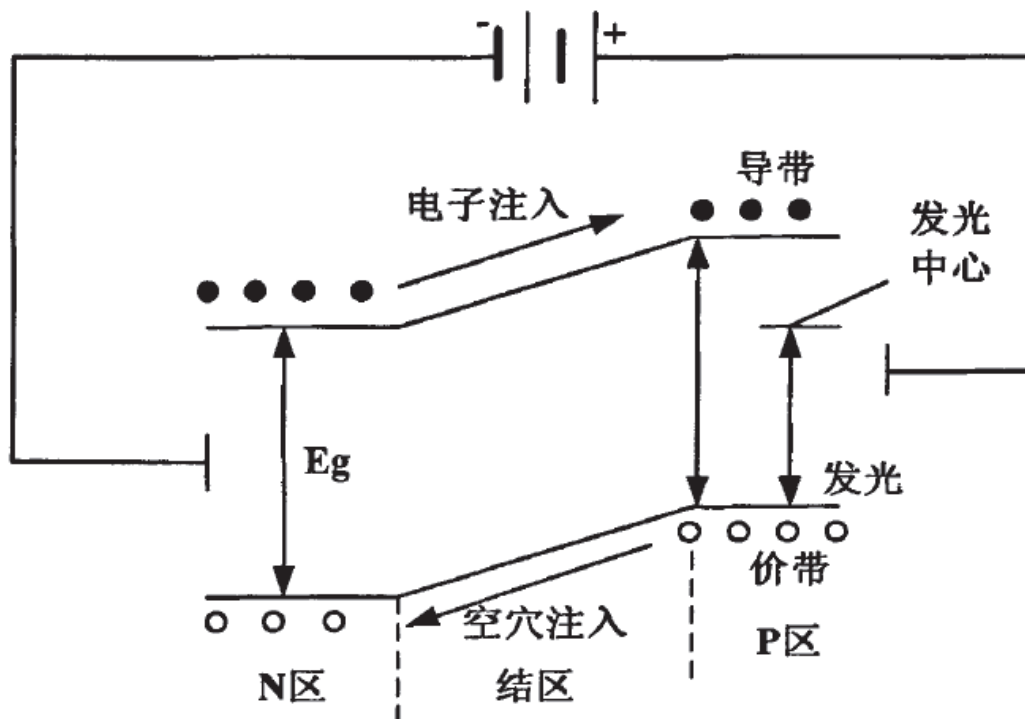


图3.1 LED发光原理示意图

假设发光时在P区中发生的，那么注入的电子与价带空穴直接复合而发光，或者先被发光中心捕获后，再与空穴复合发光。除了这种发光复合外，还有些电子被非发光中心(这个中心介于导带、价带中间附近)捕获，而后再与空穴复合，每次释放的能量不大，不能形成可见光。发光的复合量相对于非发光复合量的比例越大，光量子的效率越高。由于复合是在少数载流子扩散区内发生的，所以光仅在靠近PN结面数微米以内产生。理论和实践证明，发光的波长或频率取决于选用的半导体材料的能隙 E_g ， E_g 的单位为电子伏(eV)。

$$E_g = h\nu / q = hc / (\lambda q) \quad (1)$$

$$\lambda = hc / (qE_g) = 1240 / E_g (\text{nm}) \quad (2)$$

式中： ν 为电子运动速度； h 为普朗克常数； q 为载流子所带电荷； c 为光速； λ 为发光波长。

若能产生可见光(波长范围为380~780nm)，则半导体材料的 E_g 应为1.63~3.26eV之间。比红光波长长的光为红外光。现在已有红外、红光、黄光、绿光及蓝光LED，其中蓝光LED的成本很高，应用不普遍。

PN结的端电压构成一定的势垒；当加正向偏置电压时势垒下降，P区和N区的多数载流子向对方扩散。由于电子迁移率比空穴迁移率大得多，所以，出现大量电子向P区扩散，构成对P区少数载流子的注入。这些电子与价带上的空穴复合，复合时得到的能量以光能的形式释放出去，这就是PN结发光的原理。

3.2 LED的光源特点

- (1)电压 :LED使用低压电源, 供电电压在6-24V之间, 根据产品不同而异, 所以它是一个比使用高压电源更安全的电源, 特别适用于公共场所。
- (2)效能 :消耗能量较同光效的白炽灯减少80%。
- (3)适用性 :很小, 每个单元LED小片是3-5mm的正方形, 所以可以制备成各种形状的器件, 并且适合于易变的环境。
- (4)稳定性 :10万小时, 光衰为初始的50%。
- (5)响应时间 :其白炽灯的响应时间为毫秒级, LED灯的响应时间为纳秒级。
- (6)对环境污染 :无有害金属汞。
- (7)颜色 :改变电流可以变色, 发光二极管方便地通过化学修饰方法, 调整材料的能带结构和带隙, 实现红黄绿兰橙多色发光。如小电流时为红色的LED, 随着电流的增加, 可以依次变为橙色, 黄色, 最后为绿色。
- (8)价格 :LED的价格比较昂贵, 较之于白炽灯, 几只LED的价格就可以与一只白炽灯的价格相当, 而通常每组信号灯需由上300~500只二极管构成。

3.3 LED的电特性

LED是一个由半导体无机材料构成的单极性PN结二极管, 它是半导体PN结二极管中的一种, 其电压-电流之间的关系称为伏安特性。由图3.2可知, LED电特性参数包括正向电流、正向电压、反向电流和反向电压, LED必须在合适的电流电压驱动下才能正常工作。通过LED电特性的测试可以获得LED的最大允许正向电压、正向电流及反向电压、电流, 此外也可以测定LED的最佳工作电功率。

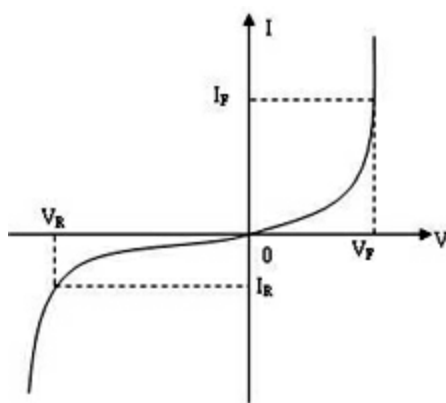


图3.2 LED伏安特性曲线

3.4 LED的驱动方式

LED一般是恒压或者恒流驱动, 由图3.2 LED的伏安特性曲线我们可以看出, LED的电压随着电流的变化特别大, 而电流随着电压的变化相对小。所以LED的驱动方式应该选择恒流驱动, 保证电流不变化, 这样LED电路的稳定性相对高。

第四章、太阳能LED照明系统

4.1 系统示意图

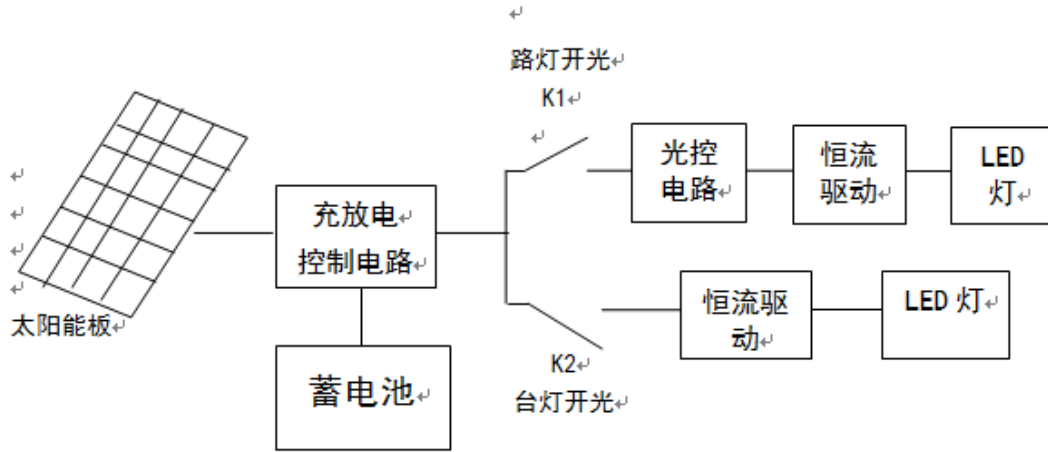


图4.1 太阳能LED照明系统方框图

如图4.1, K1闭合时, 系统是太阳能LED路灯系统, 其中光控开关可以实现控制LED灯白天不亮, 晚上自动亮。K2闭合时, 系统为太阳能LED台灯系统, 开关K2可以控制LED灯的导通与断开。

4.2 系统硬件电路图

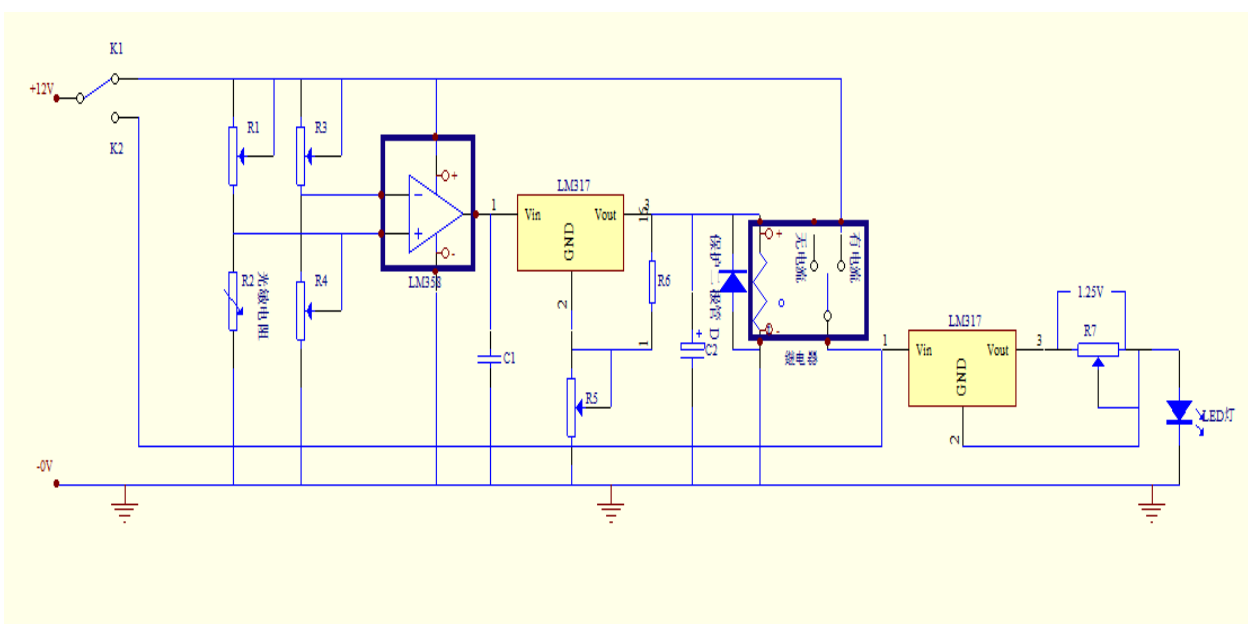


图4.2 电路原理图

如图4.2, 整个电路分为两个部分, 路灯电路和台灯电路。路灯电路中, 开关K1控制光控电路的导通与断开, 而光控电路控制恒流驱动电路的导通与断开。台灯电路中, 开关K2直接控制恒流驱动电路的导通与断开。

4.3 电路元件的参数

元件	参数	元件	参数
太阳能板	12V 3W	可变电阻R5	0—10KΩ
电池	12V 1.2Ah	电阻R6	240Ω
开关	K1 K2	高精度电阻R7	0—500Ω
可变电阻R1	0—1MΩ	继电器	3V—5V
光敏电阻R2	暗电阻20KΩ	二极管D	1N4007
可变电阻R3	0—1MΩ	电容C1	0.1μF
可变电阻R4	0—1MΩ	电解电容C2	1μF
LED灯	12V 120mA		

表4.1

充放电控制器参数：

指标 \ 型号	TYK-10A
额定电压	12V
放电电流	10A
充电电流	8A
充电保护电压	14.4V±0.1V
浮充电压	13.2V—13.6V
恢复充电电压	13.0V±0.1V
过放保护电压	10.7V±0.1V
过放保护恢复电压	12.3V±0.1V
过压切断	16.5V
过压恢复	15.0V

表4.2

LM358的参数：

LM358是档次非常高的双运算放大电路, 稳定性极高, 价格便宜, 此芯片由二个独立的高增益运算放大器构成, 该电路可在3v到32v的电源电压范围内单电源工作, 也可在双电源条件下独立工作, 并具有内部频率补偿, 该电路在家用电器上和工业自动化及光电 机一体化等领

域中有非常广泛的应用。

LM358里面包括有两个高增益、独立的、内部频率补偿的双运放，适用于电压范围很宽的单电源，而且也适用于双电源工作方式，它的应用范围包括传感放大器、直流增益模块和其他所有可用单电源供电的使用运放的地方使用。

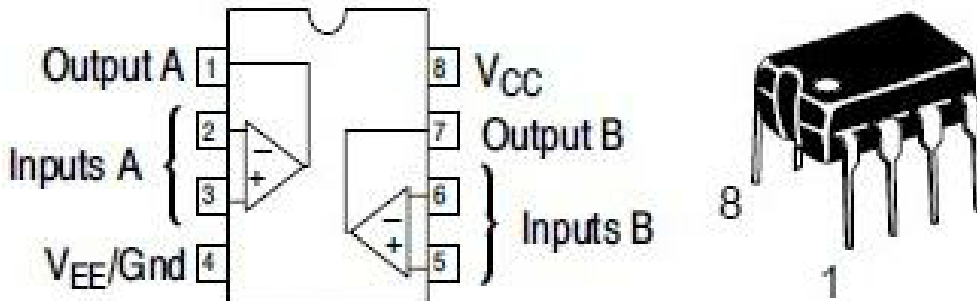


图4.3 LM358引脚图及封装

LM358的特点：

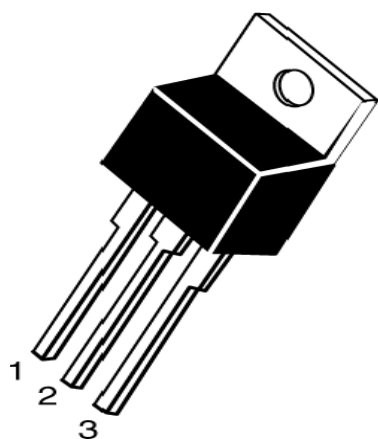
- 内部频率补偿
- 低输入偏流
- 低输入失调电压和失调电流
- 共模输入电压范围宽，包括接地
- 差模输入电压范围宽，等于电源电压范围
- 直流电压增益高(约100dB)
- 单位增益频带宽(约1MHz)
- 电源电压范围宽：单电源(3—30V)
- 双电源(± 1.5 — ± 15 V)
- 低功耗电流，适合于电池供电
- 输出电压摆幅大(0 至 $V_{CC}-1.5$ V)

LM317的参数：

LM317 的输出电压范围是 1.2V 至 37V，负载电流最大为 1.5A。它的使用非常简单，仅需两个外接电阻来设置输出电压。此外它的线性调整率和负载调整率也比标准的固定稳压器好。

LM317 内置有过载保护、安全区保护等多种保护电路。通常 LM317 不需要外接电容，除非输入滤波电容到 LM317 输入端的连线超过 6 英寸 (约 15 厘米)。使用输出电容能改变瞬态响应。调整端使用滤波电容能得到比标准三端稳压器高的多的纹波抑制比。

LM317 能够有许多特殊的用法。比如把调整端悬浮到一个较高的电压上，可以用来调节高达数百伏的电压，只要输入输出压差不超过 LM317 的极限就行。当然还要避免输出端短路。还可以把调整端接到一个可编程电压上，实现可编程的电源输出。



管脚： 1.调节
2.Vout
3.Vin

图4.4 LM317引脚图

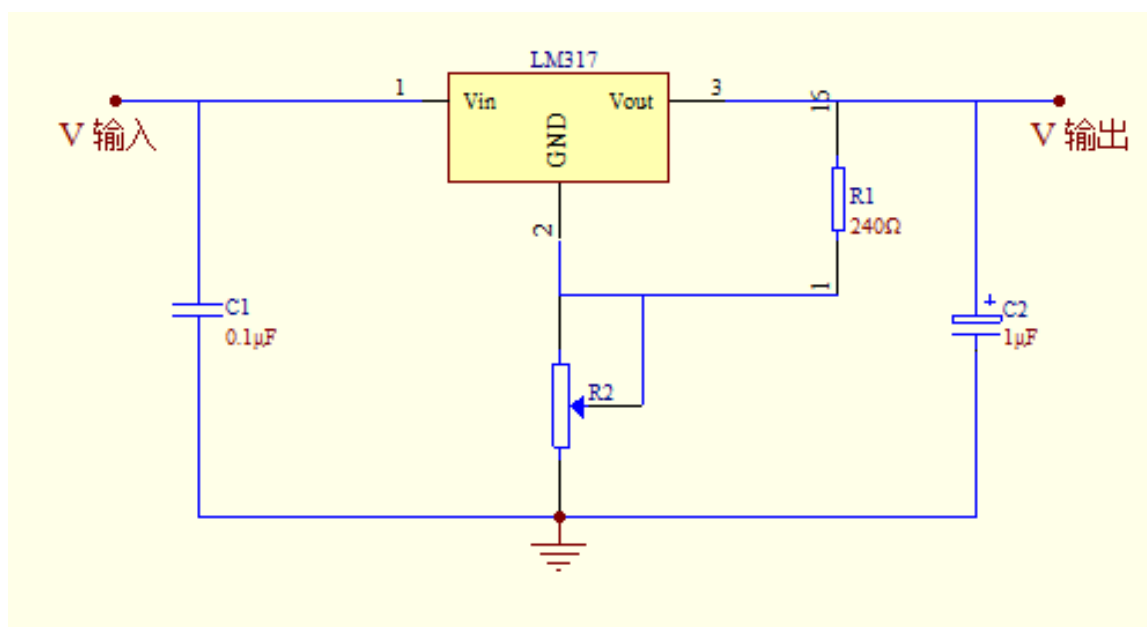


图4.5

LM317标准应用图

当稳压器离电源滤波器有一定距离时C1是必需的, C2对稳定性而言是不必要的, 但可以改进V 输出的瞬态响应。V 输出= $1.25V (1+R2/R1)$ 。所以调节R2的大小便可以改变输出电压的大小。

LM317特性简介：

- .可调整输出电压低到 1.2V。
- .保证 1.5A 输出电流。
- .典型线性调整率 0.01%。
- .典型负载调整率 0.1%。
- .80dB 纹波抑制比。

- .输出短路保护。
- .过流、过热保护。
- .调整管安全工作区保护。
- .标准三端晶体管封装。
- .电压范围 LM117/LM317 1.25V 至 37V 连续可调。

4.4 光控电路

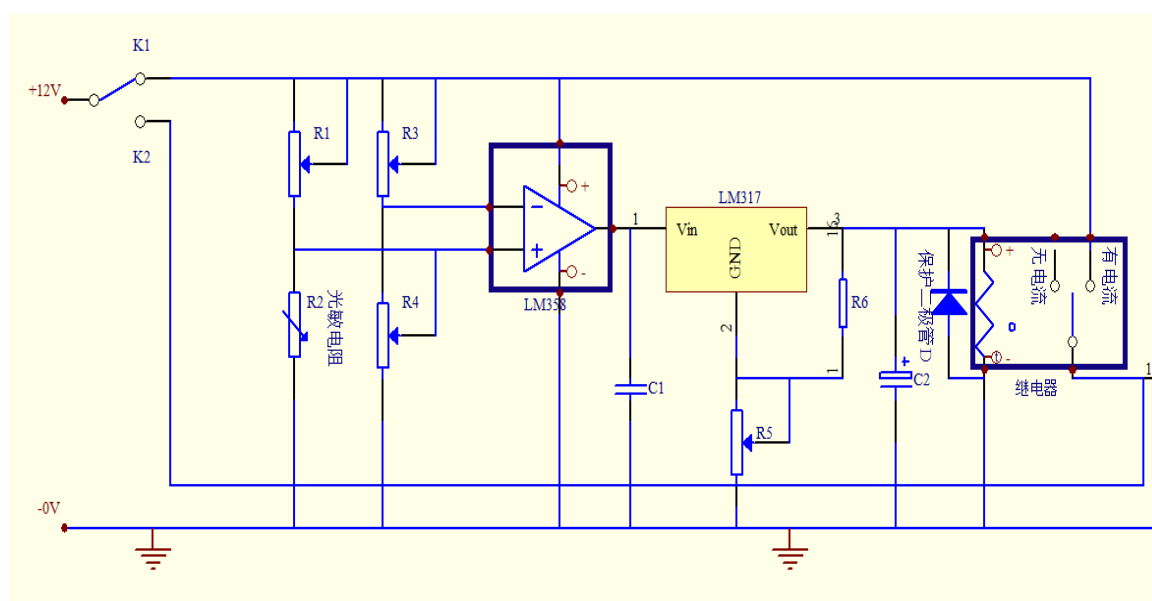


图4.6 光控电路

光控电路属于路灯系统，路灯开关K1导通时，光控电路启动。设定合理的R1、R3、R4的电阻值。

白天时，光敏电阻R2电阻小，通过电阻R1、R2和R3、R4分压，使得LM358的正向端电压低于反向端电压，所以LM358输出端电压为0。这样，继电器无电流通过，继电器开关断开。故恒流驱动电路不导通，这样LED灯不亮。

夜晚时，光敏电阻R2电阻大，通过电阻R1、R2和R3、R4分压，使得LM358的正向端电压高于反向端电压，所以LM358输出端电压为10.0V。通过稳压芯片LM317，使得继电器两端的电压为3.5V。这样，继电器有电流通过，继电器开关导通。故VCC +12V加到了恒流驱动电路上，这样恒流驱动LED灯，LED灯亮。

4.5 恒流驱动电路

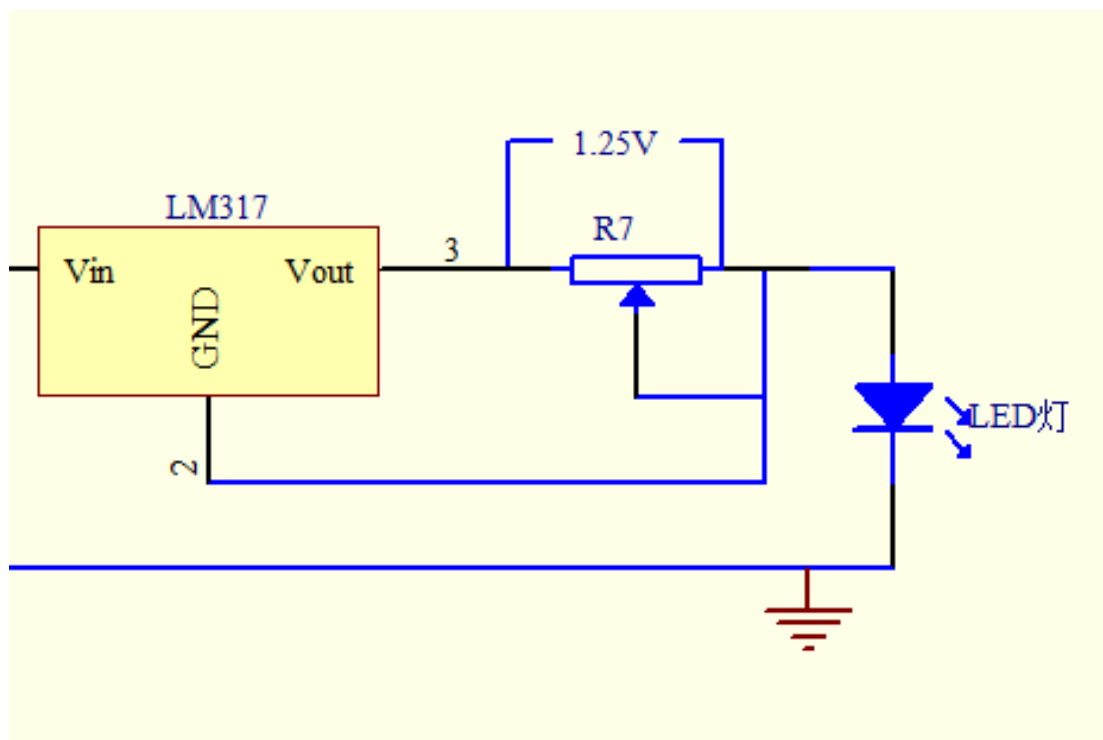


图 4.7 恒流驱动电路

如图 4.7, LM317 芯片内部 2 脚与 3 脚之间有一个恒压 1.25V。设定高精度电阻 R7 的电阻值便可以得到所需要的恒定的电流值。这样就可以恒流驱动 LED 灯。

第五章、总结

对于用电负荷较小的边远油田, 采用小型离网太阳能光伏发电系统进行就地发、供电, 克服了远程电缆的费用高或附近无富余电力的限制, 系统一次性投资较低且无后续能源消耗, 实现了偏远油田供电系统成本低廉、维护管理方便、资源节约、环境友好的目的, 值得推广使用。在探讨光伏发电原理和 LED 发光特性的基础上, 设计制作了一套太阳能光伏发电跟踪系统, 并进行了测试分析, 提高了光电转换效率, 并以此为电源, 设计出可实用的太阳能光伏照明系统, 该系统不仅能作为太阳能路灯和台灯使用, 而且使用方便, 具有光控等功能, 该系统能用于家庭和实验室等需要照明的地方, 节能减排效果明显, 具有很好的应用前景。

参考文献

- [1] 梁明理, 邓仁清 电子线路 (第四版) 高等教育出版社 2001.
- [2] 周林基 太阳能光伏照明系统概述 南京中电熊猫有限公司 2010.
- [3] 熊德敏 两种公路照明用太阳能接收装置的经济性分析 浙江建设职业技术学院 2010.
- [4] 陈辉等 太阳能照明系统综述 江南大学通信与控制工程学院 2008.
- [5] 吴国楚 太阳能照明系统应用分析 青海新能源(集团)有限公司 2010.
- [6] 北京照明学会, 城市夜景照明技术指南[M]. 中国电力出版社 2004.
- [7] 余孟尝. 数字电子技术简明教程[M]. 高等教育出版社, 2000, 3

- [8] 王晓明, 郭伟玲, 高国等. LED——新一代照明光源[J]. 现代显示, 2005, 11 :17–21.
- [9] Duarte J L, Wijntjens J A A, Rozenboom J.Designing light sources for solar-powered systems[A]. Proc 5th Euro Conf Power Electronics and Appl[C]. Brighton, UK :IEEE Press, 1993, 8 :78–82.
- [10] CADACHI, MABALDO, METHOMPSON, etal. Nearly100%internal quantum efficiency in a organic Light-emitting device [A]. Journal of Applied Physics[C], 2001.
- [11] TERESKO, JOHN. Led redefine lighting[J]. Industry Week, 2003, 252(6) :16.