

## 带保护的可调电流锂离子电池电子负载

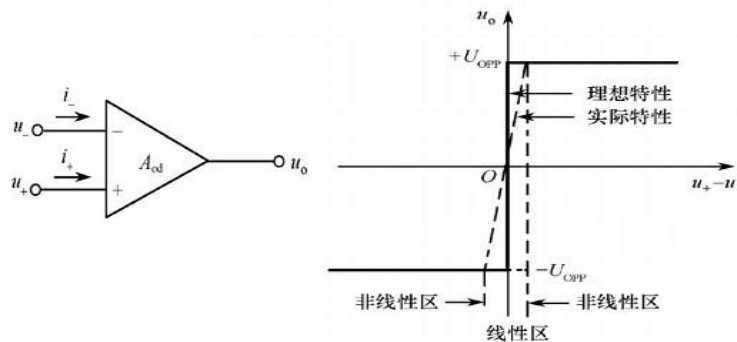
一. 实验目的: 制作带保护的可调电流锂离子电池负载, 实现稳流和过放保护功能。

二. 实验设备: 实验电源、数字电压表、继电器、面包板、各种阻值的电阻、水泥电阻、电位器、ST358、2SD1049、2SC1623、导线若干。

三. 实验原理:

1. 运算放大器: 集成运放是高增益、高输入阻抗的直流放大电路, 具有通用性强、灵活性大、体积小、耗电省和寿命长的特点, 因此得到广泛的应用。由运放组成的基本运算电路是运放线性应用的典型电路。

理想运放的工作状态: (1) 理想运放的同相和反相输入端电流近似为零 (2) 理想运放的同相和反相输入端电位近似相等(线性工作状态时)。(3) 虚断: 由于理想运放的输入电阻非常高, 可以把两输入端视为等效开路一称虚断。(4) 虚短: 在运算放大器处于线性状态时, 可以把两输入端视为假想短路-简称虚短。(5) 虚地: 如将运放的同相端接地, 即  $V_+ = 0$ , 则  $V_- = 0$ , 即反相端是一个不接“地”的“地”称为虚地。



2. 三极管:

(1) 晶体三极管是由两个 PN 结组成的有源三端器件, 分为 NPN 和 PNP 两种类型。晶体三极管因偏置条件不同, 有放大、截止、饱和三种工作状态。

(2) 晶体三极管必须在发射结加正向偏置电压, 集电结加反向偏置电压, 方能具有放大作用。此时  $I_C$  与  $I_B$  成正比例变化, 即  $I_C = \beta I_B$ , 三极管具有线性放大作用。

(3) 放大电路具体分为电压放大和电流放大。对于一个放大电路而言, 需要了解其获取信号的能力、放大的能力、驱动负载的能力、在供电电压  $V_{CC}$  不变时的最大不失真输出幅度, 以及适合放大信号的频率范围。

(4) 晶体三极管的主要作用是放大和控制电流或电压。其放大作用是通过控制输入信号的小变化来改变输出信号的大变化。而控制作用是根据输入信号的大小和类型, 通过电流和电压的变化来控制器件的功率、频率和负载。

(5) 晶体三极管的工作原理如下:

① 基极输入电流或电压的变化, 通过空间电荷区的扩散和漂移作用, 产生电子和空穴对。

② 电子和空穴对通过扩散和漂移作用进入集电极和发射极, 形成集电极电流和发射极电流。

③ 由于发射极电流通过基极电极和集电极电极之间的区域, 从而控制了集电极电流的大小。

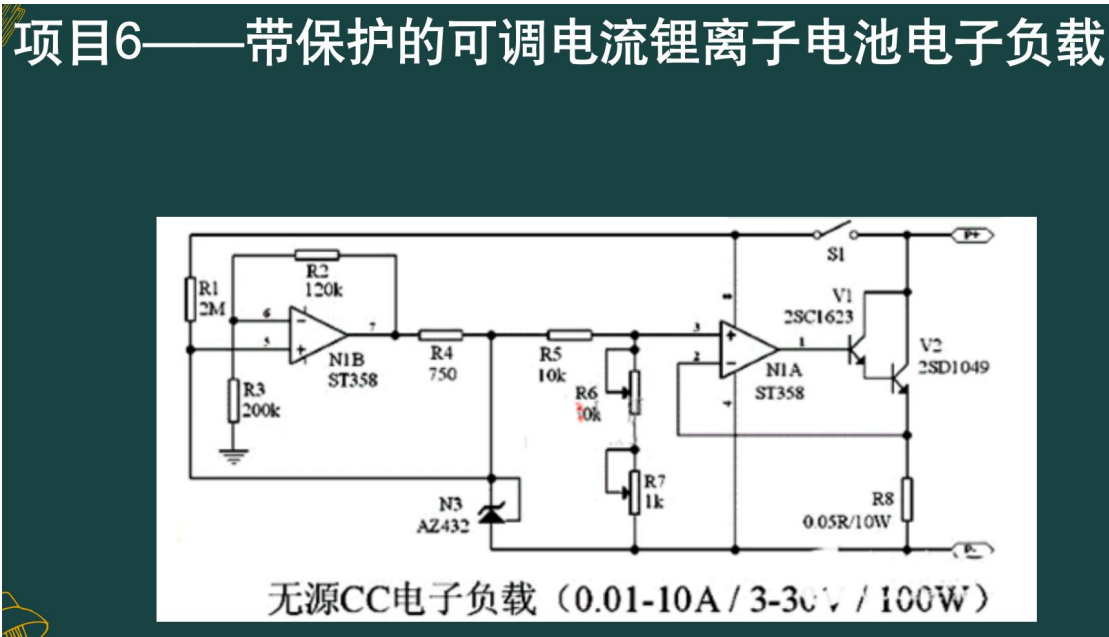
④ 当基极输入电流或电压较小的变化时, 发射极电流也会随之变化, 进而控制集电极电流的大小。

3. 继电器: 继电器的工作原理是利用电磁铁的原理来实现电路的开关。当电流通过继电器的

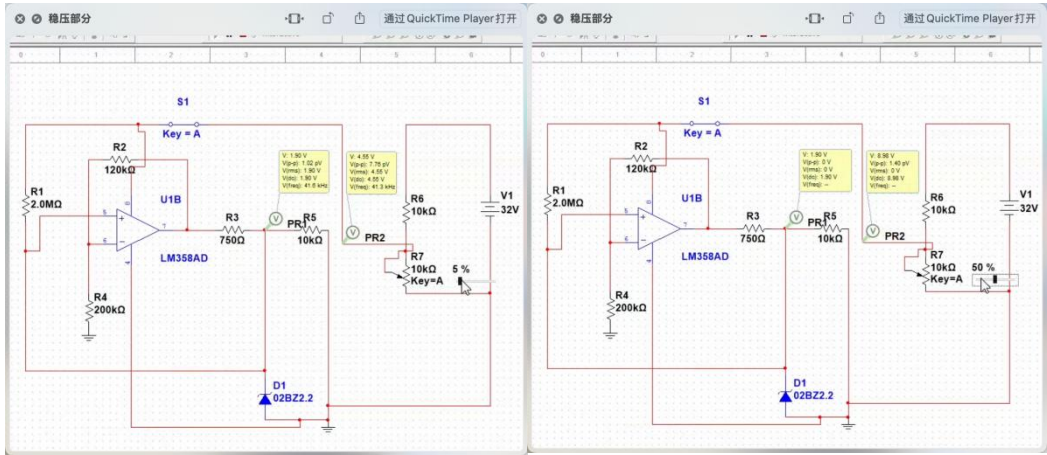
线圈时，线圈产生磁场，吸引铁芯，使得继电器的触点发生变化。通常，继电器有常开触点（NO）和常闭触点（NC）。在没有电流时，常开触点保持断开，常闭触点保持闭合；当电流通过线圈时，磁场作用使得常开触点闭合，常闭触点断开。电流断开后，磁场消失，铁芯在弹簧的作用下复位，触点恢复原状。



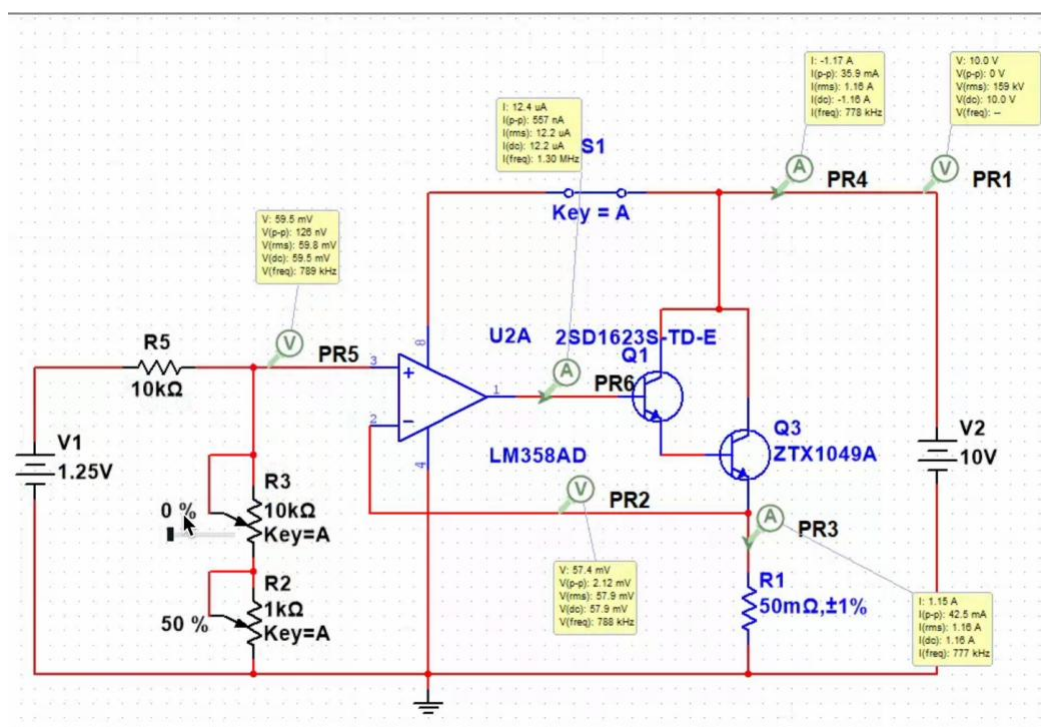
4.实验电路:



根据仿真结果发现左半部分的电路为右半部分电路提供基准电压



只关注核心部分，即稳流与过放保护部分，将实验电路简化为



注：实际电路将 S1 替换为继电器

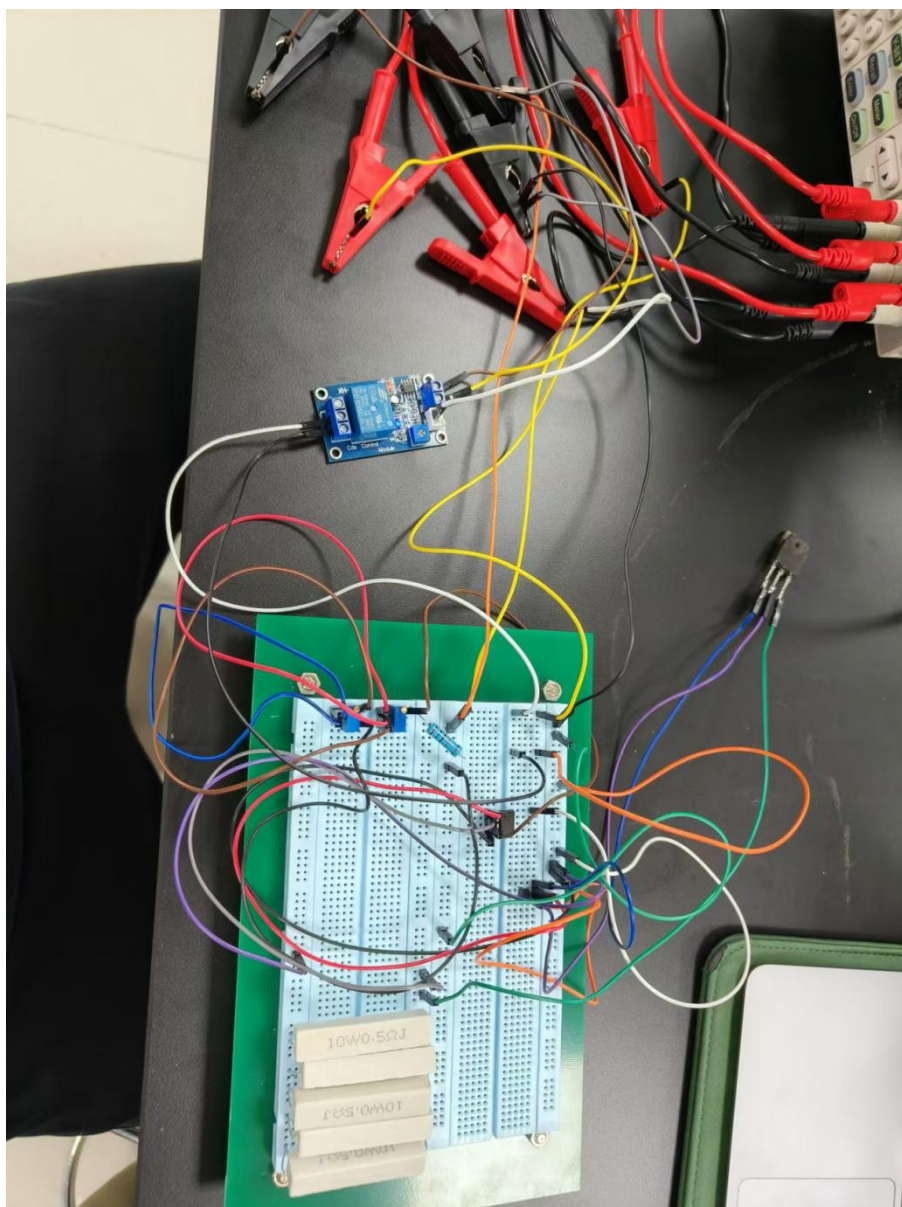
#### 5. 电路原理：

(1) 左侧的 V1 提供基准电压 1.25V 模拟齐纳二极管的作用，通过两个继电器与 R5 的分压作用调节运算放大器的正向电压，其中 R3 为粗调，R4 为细调，运算放大器的反向电压与负载电路相连，形成负反馈，调节运算放大器的输出。由于真实的运算放大器存在输出阻抗，驱动能力有限，所以需要两个三极管来放大电压，最终运放调整输出电压，驱动三极管 Q1 和 Q3,使得反相输入端的电压等于同相输入端的基准电压。

(2) 稳流过程：R1 是一个 50mΩ 的电流检测电阻。当有电流流过 R1 时，会在 R1 上产生一个压降  $V_{R1}$ ，这个压降与负载电流成正比，运放通过比较  $V_{R1}$  与基准电压  $V_{REF}$ ，控制输出电压，以调整三极管的工作状态，从而保持电流恒定。Q1 (2SD1623S 和 Q3 (ZTX1049A) 组成了一个电流驱动级，目的是提供足够的电流增益，从而实现对负载的电流控制。运放的输出电压通过驱动 Q1，进而控制 Q3 的导通程度。两者协同工作，使得流过负载的电流受到精确控制。当负载电流尝试增加时，流过 R1 的电压  $V_{R1}$  也会增加。运放检测到  $V_{R1} > V_{REF}$ ，输出电压下降，降低三极管 Q1 和 Q3 的导通程度，从而减少负载电流。反之，当负载电流减小时，运放输出电压上升，增加三极管的导通程度，使电流恢复到设定值。通过这样的反馈调节，电路能够实现稳流功能。

#### 四、具体实验方法：

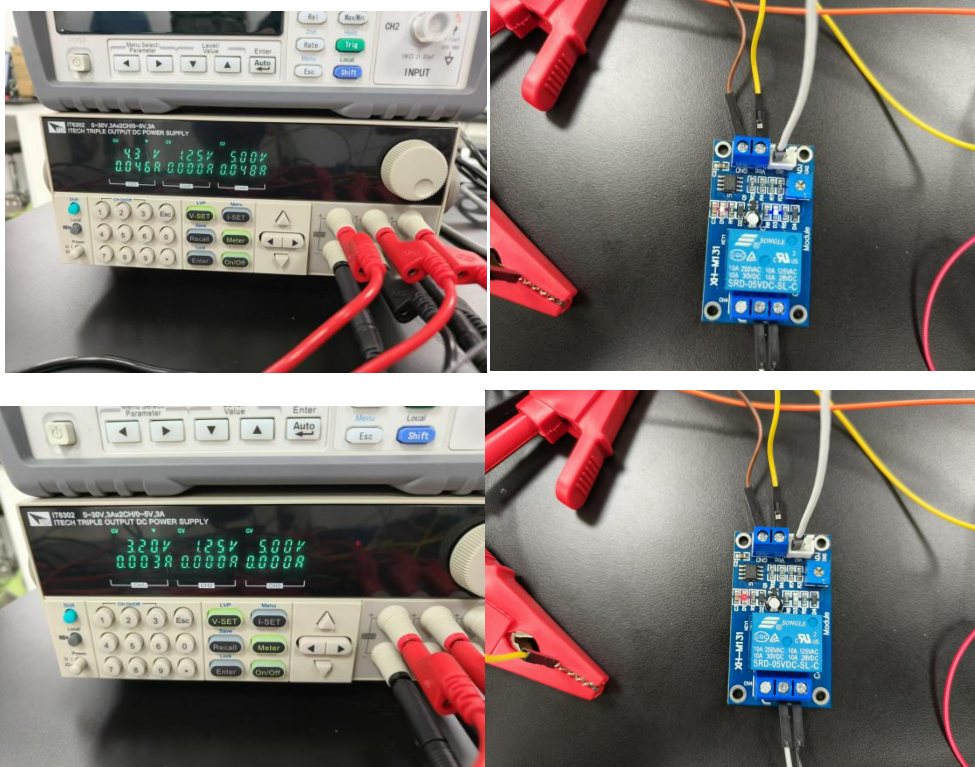
- 1.分析给出的样例实验电路，理解电路工作原理，着重考虑核心部分，并在 Multisim 上进行仿真，验证电路可行性
- 2.搭建实际电路



其中, 将五个  $0.5\Omega$  的水泥电阻并联代替实验电路中的  $R_1$ , 实验电源的 1 通道输出  $3V-4.3V$  作为锂离子电池的输出电压, 2 通道输出  $1.25V$  作为基准电压, 3 通道输出  $5V$  为继电器供电, 继电器的信号端接实验电源的 1 通道, 并将电路中的所有接地端相连, 完成实际电路的搭建, 调节继电器上的螺丝使得信号端下降到  $3.2V$  时继电器切断, 即使调节后的继电器的临界电压为  $3.2V$ , 完成实际电路的搭建。

3. 实验过程: 当实验电源的 1 通道输出为  $4.3V$  时, 继电器吸合, 蓝灯亮, 电路导通, 从实验电源处读得此时电路负载电流为  $0.046A$ , 调小实验电源的 1 通道, 发现电路的负载电流不变, 证明电路实现稳流功能, 当调小到  $3.2V$  时, 继电器发出声音, 断开, 蓝灯灭, 此时电路负载电流接近 0, 证明实现过放保护功能。





五. 实验结果及分析: 仿真结果证明电路可通过调节电位器改变负载电流, 实际电路证明可实现稳流与过放保护功能。

六. 前景与应用:

1. 锂离子电池没有记忆效应, 是一种十分理想的可充电二次电池。锂离子电池以其优越的性能和实用性被广泛应用于各种耗电行业。但是它不具备长时间承受过放电和过流的能力, 这可能会损坏电池甚至导致安全事故。

2. 过放电保护: 如果使锂离子电池放电到终点, 锂离子的特性将发生改变, 从而缩短锂离子电池的使用寿命。当锂离子电池的电压降低到 3.2V 左右时, 应停止放电。为此, 需设置锂离子电池过放电保护功能。过放电保护功能是在锂离子电池的电压变低时, 停止对负载放电。将保护电路中控制过放电的电路由导通变为截止状态, 禁止锂离子电池继续放电。

3. 过电流保护 (稳流): 锂离子电池在保管或携带过程中, 由于不慎使电池的正、负极之间被金属导体所短路, 或者由于负载设备的故障使锂离子电池处于短路状态时, 都会在锂离子电池中流过较大的电流, 进而使锂离子电池存在着引燃或破裂的危险性。锂离子电池具有额定最大电流值, 如果在放电期间负载电流超过此电流值, 则电池可能损坏。为此, 需设置锂离子电池过电流保护功能。过电流保护功能是在出现大电流时终止对负载的放电, 此功能的目的在于保护锂离子电池及保护电路, 确保锂离子电池在工作状态下的安全性。