

直流电子负载的设计与仿真

鲁国
信息科学与工程学院
青岛市松岭路 238 号
1479520501@qq.com

罗鹏飞
信息科学与工程学院
青岛市松岭路 238 号
708833471@qq.com

彭博
信息科学与工程学院
青岛市松岭路 238 号
346571859@qq.com

关键词： 直流负载、多层反馈、IRF540、CC 模式、CV 模式

摘要： 本负载电路主要由运算放大器，MOSFET 等模拟器件构成。这样使得直流电子负载的响应速度较好。同时该系统存在多层反馈，通过运放进行调整，保证精度。该电子负载具有 100mA~500mA 恒流。0~2.7V 恒压。电路设有过流保护功能。如果超过最大额定电流，就会发光报警。通过 555 电路进行 CC,CV 功能选择。通过 LM7812 为电路提供 12V 稳压。

版权分发说明：本论文作者允许该文档在未来即将学习本课程的中国海洋大学的学生中交流传播。

1. 引言

直流电子负载是能吸收直流电能，并将吸收的直流电能耗散、储存或回馈电网的一种电子电路装置，该装置所吸收的电流大小可以调节或设置，其端口输入特性符合欧姆定律。直流电子负载应用量很大，其主要通过模拟实物负载和负载波形，既可以实现对电源供应器规格特性的测试，也可作为 ATE 或 ATS 系统的组成单元，在线对充电器、蓄电池等的寿命特性及功率电子元器件的参数特性进行测试。

1.1 语言

本文章所有内容均为汉语。

2. 系统方案设计

2.1. 总体思路

电子负载实现恒压恒流主要可以靠运放反馈，并结合采样电路进行比较，通过控制 MOSFET 导通程度，从而实现恒流恒压。

2.2. 单元模块设计

2.2.1. 稳压电路设计

采用 LM7812 稳压芯片。外部输入的电压通过二极管，电容等器件进行整流。然后接到 LM7812 输入端，输出就会得到 12V 的恒稳电压。电路如图 2.1。

2.2.2 555 功能选择

使用 555 电路，通过按键控制 TR'，进而影响 Td 的导通。V_{od} 的电压会出现高

低电平。连接到继电器，从而达到控制目的。在恒流恒压中进行切换。电路如图 2.2。

2.2.3. 负载电路

用 4 个并联 IRF540 作为负载。通过采样返回当前电路的电压值。通过基极控制 IRF540 的导通角度，实现动态调整。电路如图 2.3。

2.2.4. 比较反馈电路

通过 RV3 来调整参考电压。通过三端 TL431 使电压稳定在 2.5V。U10C 是电压采样比较运放。U10A 是电流采样比较运放。电路如图 2.4。

3. 实验与分析

3.1. 实验与分析

3.1.1. 2.5V 参考电压的获取

参考电压主要由 TL431 芯片实现。电路如图 3.1。

仿真结果如图 3.2。

3.1.2. 0~2.7V 的验证

恒压的调节主要由 R_{V3} 的电阻值进

行调整，如图 3.3。

通过 PSPICE 的参数仿真功能，验证如图 3.4。

3.1.3. 恒压验证

当 R_{V3} 为 0.05 时，输出稳定在 2.6V，如图 3.5。

通过对实验结果的分析，可以发现上图随着 R_{V3} 的值的的变化，恒压输出的值在不断发生改变。从 2.5 左右变化到 0。

当 R_{V3} 为 0.5 时，输出稳定在 1.18V，如图 3.6。

3.1.4. 100mA~500mA 恒流

验证，如图 3.7。

通过仿真可以发现，当 R_{V3} 的值发生变化，电流的值由 100mA~500mA。

3.1.5. 恒流在不同 R_{V3} 值的验证。

R_{V3} 等于 0.1 时，输出如图 3.8。

可以发现，电压从 10~25V 时，电流从 469.4mA 变化到 470.2mA。

R_{V3} 等于 0.6 时，输出如图 3.9。

可以发现，电压从 10~25V 时，电流从 246.4 变化到 247.0mA。变化很小，可以实现稳流。

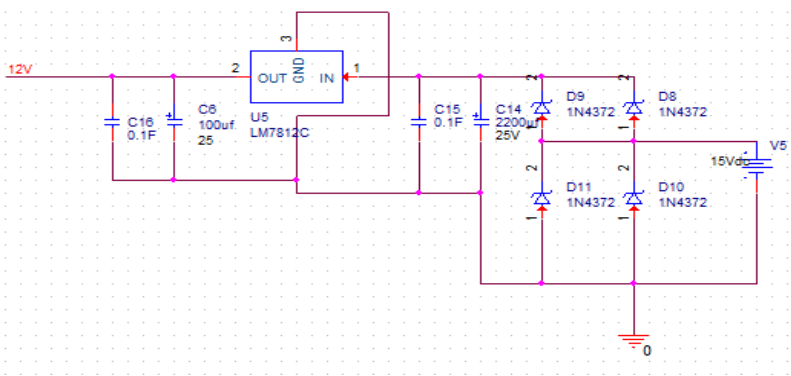


图 2.1 稳压电路设计

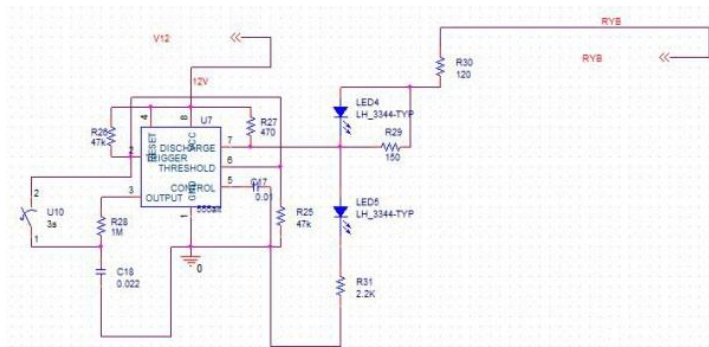


图 1.2 555 功能选择电路

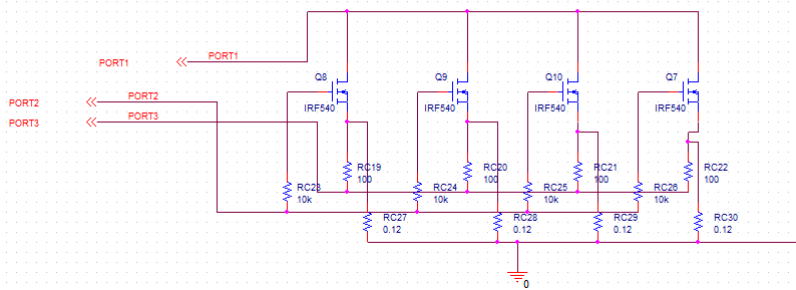


图 2.3 负载电路设计

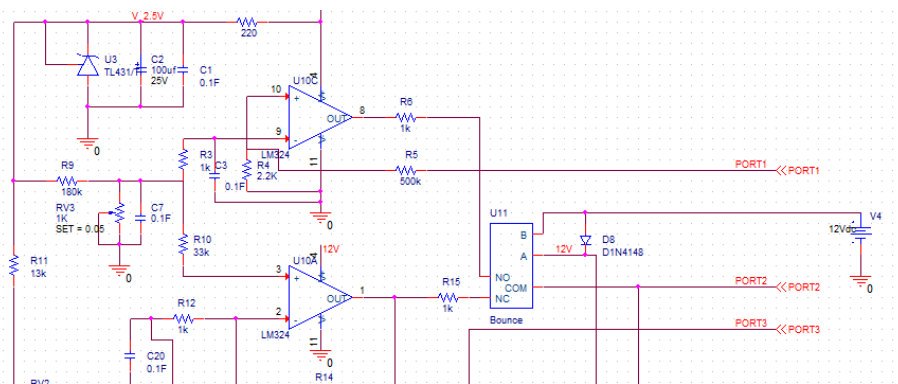


图 2.4 比较反馈电路

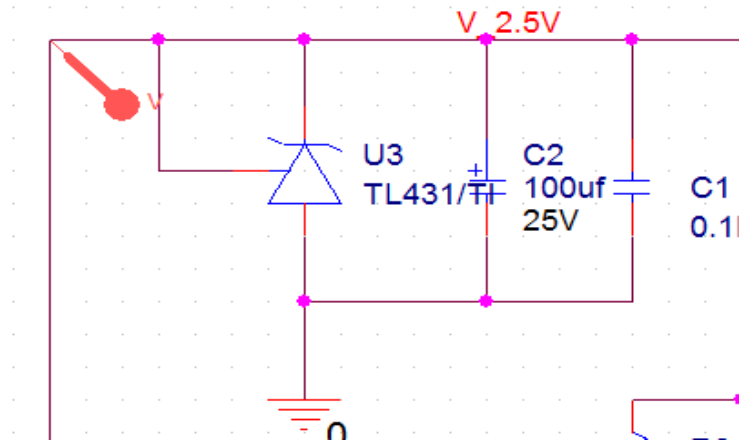


图 3.1 TL431 芯片连接

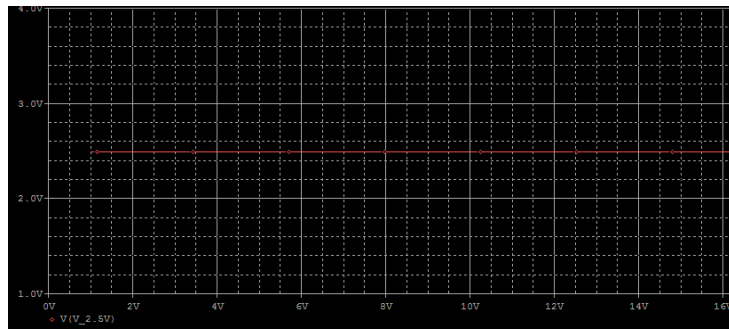


图 3.2 TL431 仿真结果

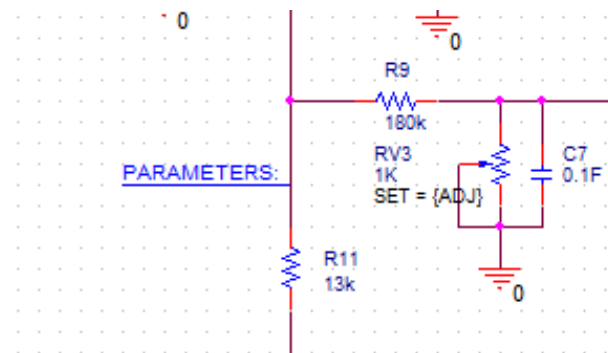


图 3.3 R_{V3} 调整

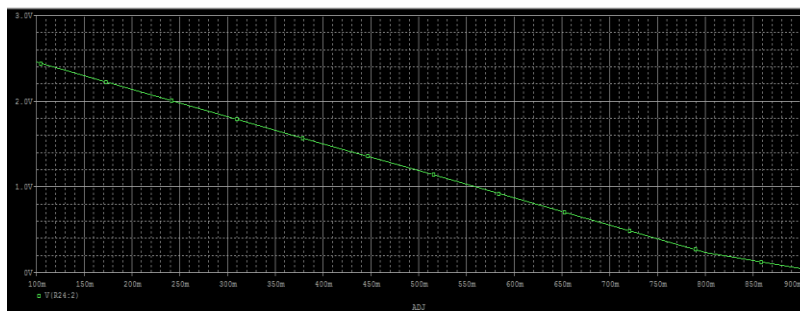


图 3.4 调节 R_{V3} 的结果

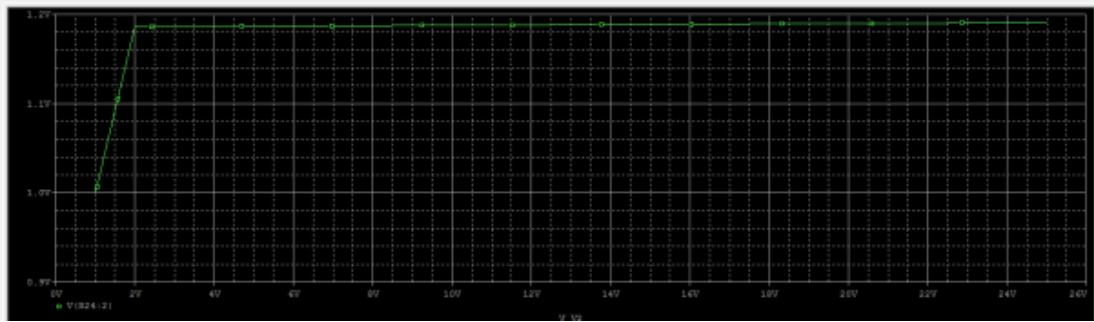


图 3.5 R_{v3} 为 0.05 时的输出结果

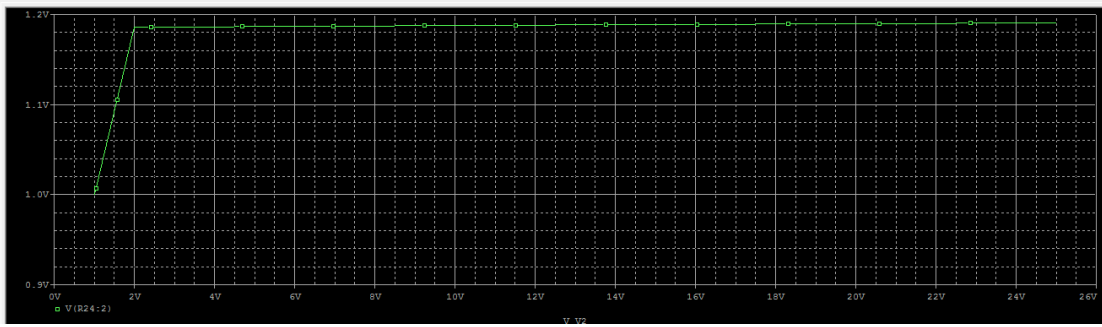


图 3.6 R_{v3} 为 0.5 时的输出结果

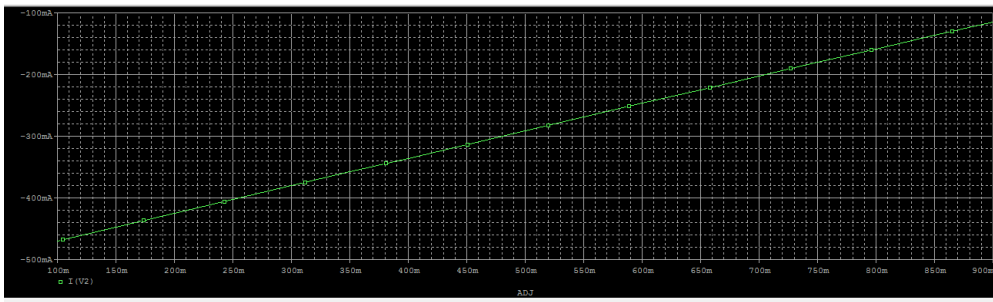


图 3.7 100mA~500mA 恒流验证结果

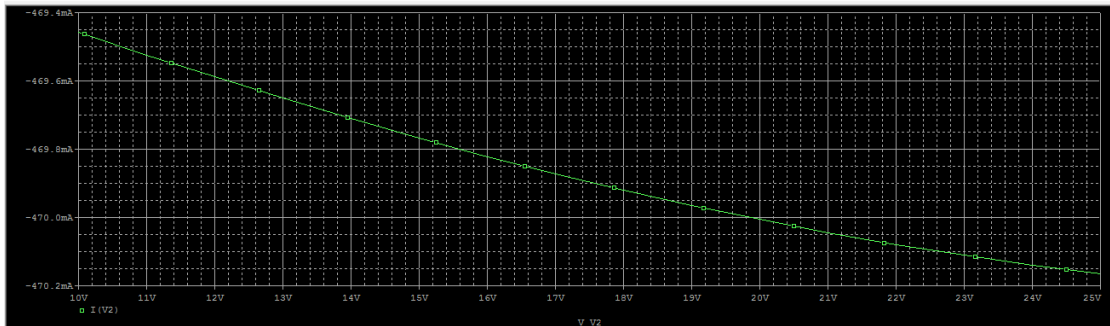


图 3.8 恒流时 R_{v3} 为 0.1 时的输出结果

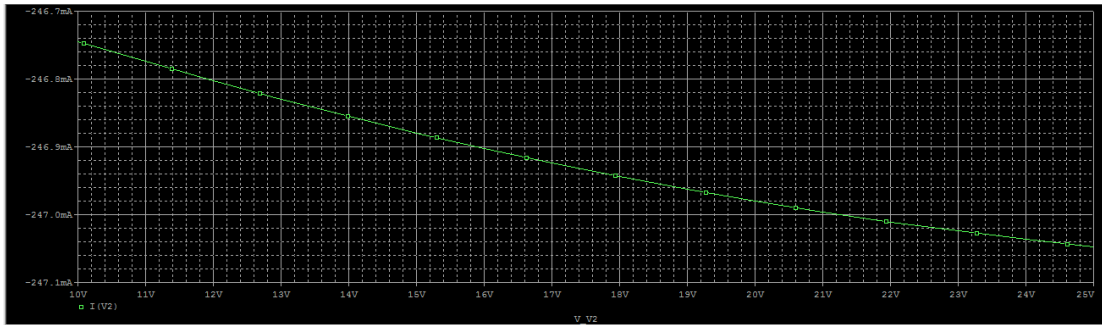


图 3.9 恒流是 R_{V3} 为 0.6 时的输出结果

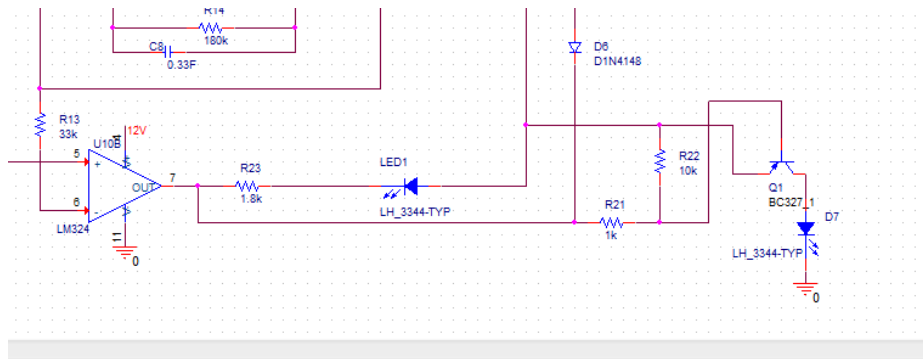


图 3.10 过流检测的电路图

3.2. 讨论部分

3.2.1. 关于恒压模式

恒压模式的幅度为 $0 \sim 2.7V$ ，可以增大，这需要参考电压提高。在这里我们的参考电压为 $2.5V$ ，如果提高也可以增强。但是我们要考虑到参考电压的稳定，太高的电压很难做到很好稳定。因为运放的存在，很小误差就会导致较大波动。所以这也是 TL431 的使用目的。它的稳定性远远高于 LM7812。同时过高的电流电压对负载管也是很高的要求，如果负载管达不到，那么容易损坏电路。

3.2.2. 恒流模式

在之前我们的恒流存在问题，主要是场效应管没有导通，现在我们多加了一个偏置电压，所以恒流可实现。

3.2.3. 关于过流检测（如图 3.10）

这是过流检测电路。主要是采样电流值，当它与运放另一端相等时，那么运放输出值会变小这时我们计划它可以使 Q1 导通，然后让二极管发光，实现报警，但是这个验证起来不是很方便。

4. 结论

设计的直流电子负载能够按照要求提供可调的恒定电流或者电压，电压，电流的调节范围与实际相比还是有不足之处的。但是原理验证的功能是实现了。在这个基础上，我们今后会尽可能改进，是范围更大。那么实用功能就可以完成了。同时，在设计时，我们也考虑到恒阻的设置和恒功率的设计，这些原理也有待验证。

今后如有可能也可以加入设计中。

5. 致谢

这次设计与仿真之所以能够成功的完成，首先要感谢老师给我们一个独立思考、锻炼自己、团队协作的机会，还有老师给大家介绍 Pspice 这个强大的软件，我们不仅仅初步掌握了该软件的使用方法，而且更多地接触到了关于电子电路仿真的实践问题。然后还要感谢通电课上的所有同学，没有大家的共同努力和共同学习，没有大家群策群力，共同克服 Pspice 使用过程中出现的种种问题，我们也不可能完成我们的设计和仿真。还要感谢我们小组的每一位成员从始至终积极的参与，大家各有分工，在设计中分别承担着文献的检索、软件的学习掌握、电路的连接和仿真以及后期的报告的撰写等工作，虽然各有侧重，但却一直齐心协力、并肩前行。最后要感谢在 Pspice 论坛上认识的一位大神，帮我们指出了我们电路结构中的不合理之处，给我们的改进提供宝贵的建议。再次对所有关心和帮助我们的老师和同学们表示真挚的感谢！

参考文献

- 【1】 童诗白、华成英主编，《模拟电子技术基础》。北京：高等教育出版社，2001
- 【2】 阎石，《数字电子技术基础》。北京：高等教育出版社 2006
- 【3】 Sanjaya Manitkala，《精通电源设计 A--Z》。北京：人民邮电出版社 2008