



## 一、实验目的

1. 掌握 PSpice 中非线性电路元件的参数设置。
2. 掌握使用 PSpice 进行非线性电路仿真分析的方法。
3. 掌握无损耗均匀传输线正弦稳态和暂态过程的电压分布规律。
4. 加深对入射波、反射波的认识。
5. 进一步理解非线性电路和均匀传输线的工作模型及原理。

## 二、实验设备及元器件

	名称	数量	型号
1	计算机	1 台	—
2	PSpice 仿真软件	—	—

## 三、实验原理（重点简述实验原理，画出原理图）

1、非线性电阻元件的特性用端口电压和端口电流的关系并通过函数、曲线或表格来表征。通常分为压控、流控和单调三种形式。在近似分析时，非线性电阻的伏安特性可用折线逼近，即在一定的工作区段里，分别用线性电路近似等效，分为分段线性法。在 PSpice 软件中，非线性电阻元件可以用受控源来表示。PSpice 容许被分析出来的电路包含 4 种方程所表征的非线性受控源，它们是  $i = f(u)$ 、 $u = f(u)$ 、 $i = f(i)$ 、 $u = f(i)$ 。这里所列各函数必须是多项式函数，用关键字 POLY 说明。假设多项式函数是一维的，则函数值  $f$  与自变量  $x$  的函数关系由下式给出：

$$f = p_0 + p_1x + p_2x^2 + p_3x^3 + \dots \dots$$

假设受控源端口电流与电压关系方程式为：

$$i = 10^{-3} \times u + 1.5 \times 10^{-3}u^2$$

即该受控源模拟了一个非线性电阻。

2、状态平面法是分析二阶非线性电路的一种有效方法。对于不同的初始值和电路参数，在状态平面上讲描述出不同的状态轨迹。用经典的图解法求状态轨迹相当麻烦，而用 PSpice 仿真分析，可迅速、准确地绘出状态轨迹。通过对这些轨迹的集合性质的研究，可定性了解电路的某些特性。

3、当无损耗传输线接通激励源后，电压电流正向行波由始端向终端推进。当正向行波传播到线路的不均匀处时，都会产生波的反射。上述使行波受到反射之处成为波的反射点。只要传输线的终端与始端不满足匹配条件，反射过程一般会无休止往复进行下去，这就是波的多次反射。由于电磁波的波速较高，在很短时间内，传输线即可完成多次反射进而达到稳态。

## 实验预习和实验过程原始数据记录

实验名称： PSpice 仿真实验 2（非线性电路和均匀传输线分析）

学生姓名： psp 实验日期与时间： 2023/10/16 实验台号： 46

预习结果审核： \_\_\_\_\_ 原始数据审核： \_\_\_\_\_

（包括预习时，计算的理论数据）

- 1、 直流电路中非线性电阻元件工作点仿真分析：按例 1 要求及图 5-1 参数进行仿真。  
保存仿真电路图截屏和仿真输出结果，要求课上给老师看仿真结果照片。
- 2、 交流电路中非线性电阻元件工作状态分析：按例 2 要求及图 5-3 参数进行仿真分析。  
保存仿真电路图截屏和不同频率仿真输出波形，要求课上给老师看仿真结果波形照片。
- 3、 含非线性电阻元件的动态电路零状态响应：按例 3 要求及图 5-6 参数进行仿真分析。  
自行搭建仿真电路，选择合适仿真时间，保存电路截图和仿真结果，要求课上给老师看仿真结果波形照片。
- 4、 无损线终端电压振荡过程仿真：按例 4 要求及图 5-7 参数进行仿真分析。  
保存仿真电路图截屏和不同电阻值下终端电压波形，要求课上给老师看仿真结果波形照片。

## 四、实验过程

（叙述具体实验过程的步骤和方法，记录实验数据在原始数据表格，如需要引用原始数据表格，请标注出表头，如“实验数据见表 3-1”）

本次实验过程可简述，不需要描述软件的使用。需要记录遇到的问题，以及最后的解决方案。

仿真实验中，使用 OrCAD 的方法已在实验四中介绍过，本次实验仿真方法基本与前述实验相同。需注意的一点是仿真中，非线性电阻元件用非线性受控源来表示，受控源在 Analog 库中，选取元件时注意非线性受控源与线性受控源的区别，非线性受控源含有关键字 POLY。Analog 库中，“E”表示电压控制电压源，“F”表示电流控制电流源，“G”表示电压控制电流源，“H”表示电流控制电压源。使用 PSpice 进行如下例题的仿真，并记录仿真结果。

（1）仿真实验中常见故障

- ①连线：连线错，断路或短路；
- ②元件：元件错或元件值错，包括电源输出错；
- ③仿真条件设置不对等等。

（2）故障检查

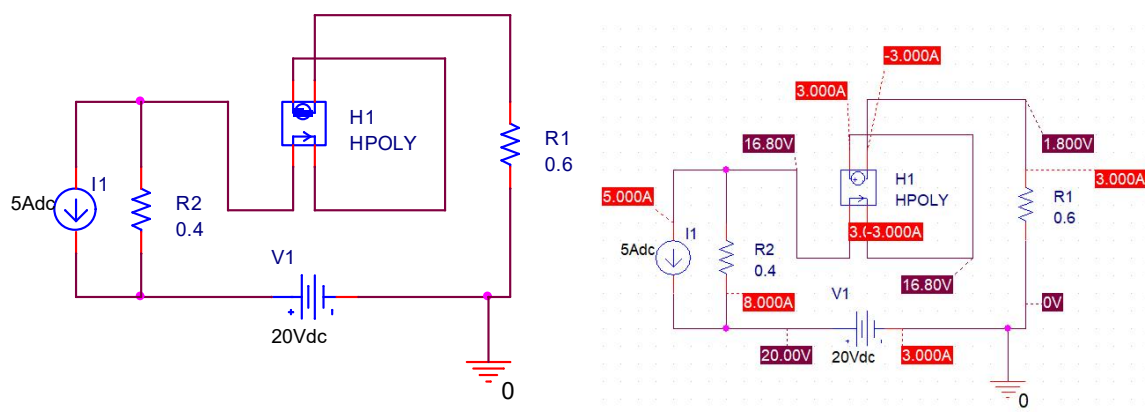
一般是根据软件报错和仿真结果的问题，确定部位、缩小范围，在小范围内逐点检查，最后找出故障点并给予排除

## 五、实验数据分析

（按指导书中实验报告的要求用图表或曲线对实验数据进行分析和处理，并对实验结果做出判断，如需绘制曲线请在坐标纸中进行）

按照实验内容的要求，对仿真结果进行整理、分析，得出结论。

1、 直流电路中非线性电阻元件工作点仿真分析：（打印出电路图和输出波形图，贴上）

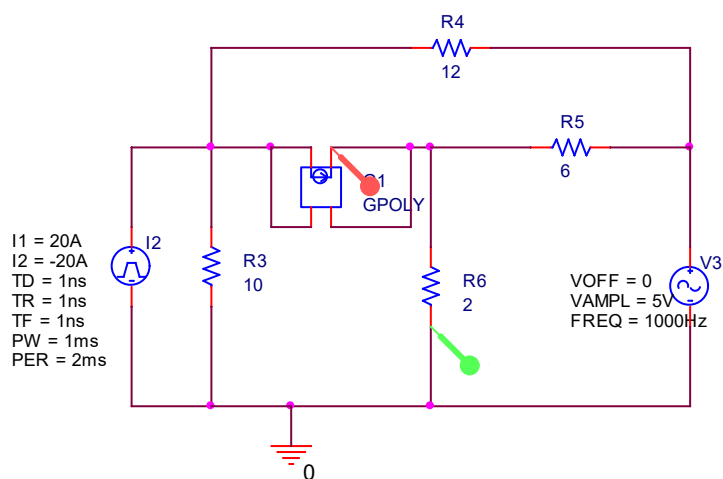


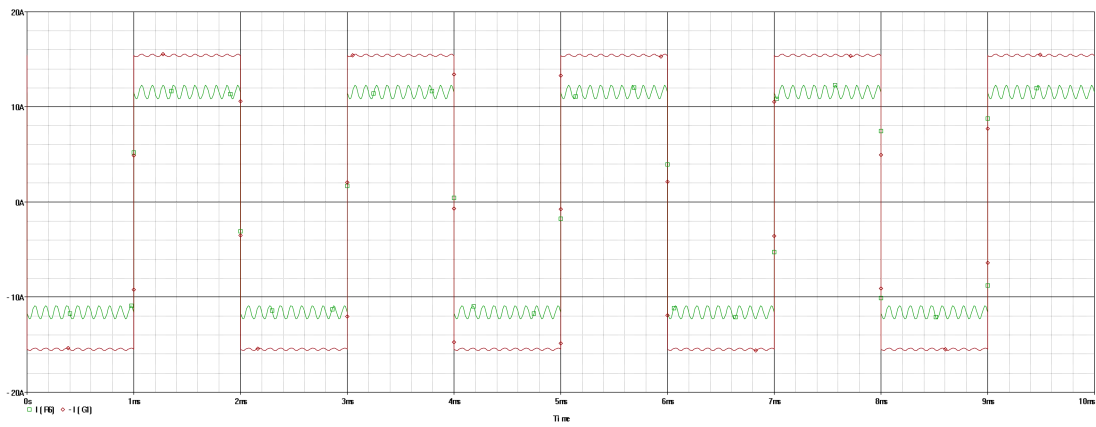
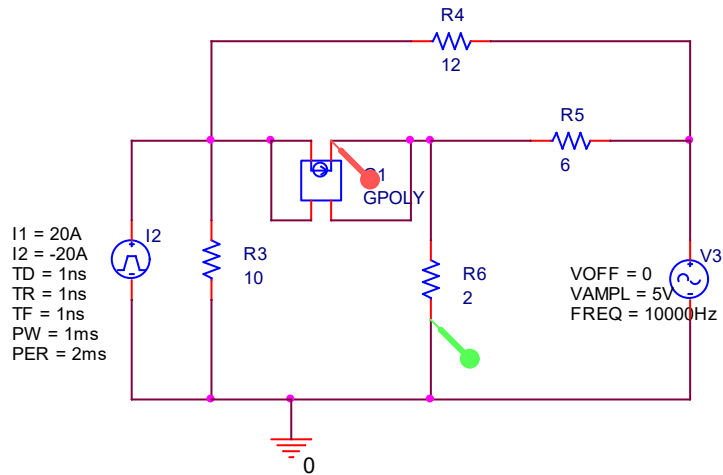
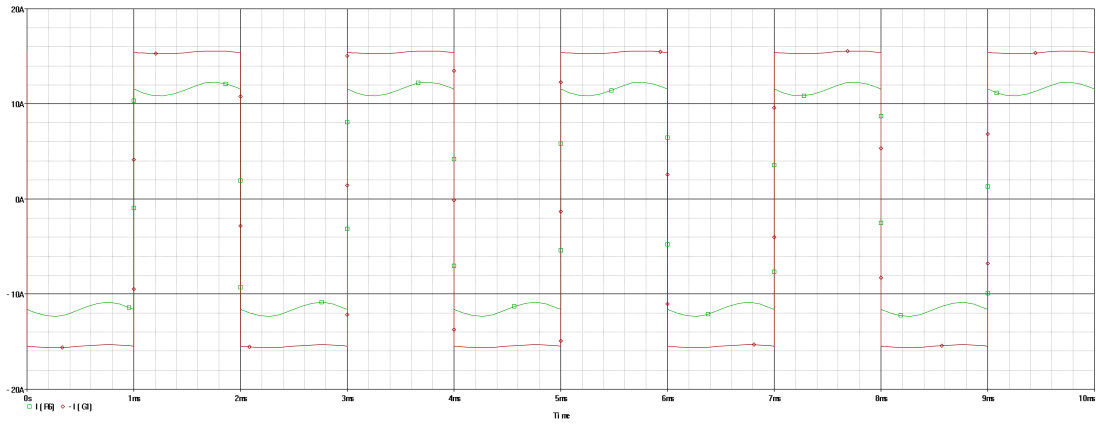
根据各节点电压值得非线性电阻元件两端电压  $U$ 。

$$U = 16.8V - 1.8V = 15V$$

2、 交流电路中非线性电阻元件工作状态分析：（打印出电路图和输出波形图，贴上）

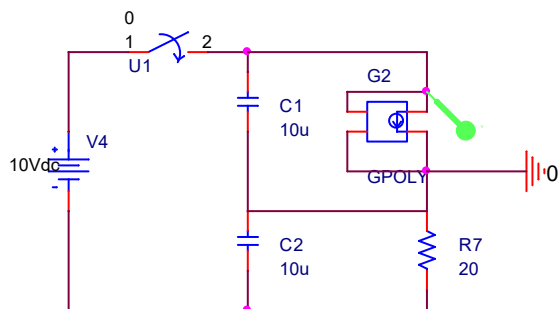
分析不同频率对仿真结果的影响。

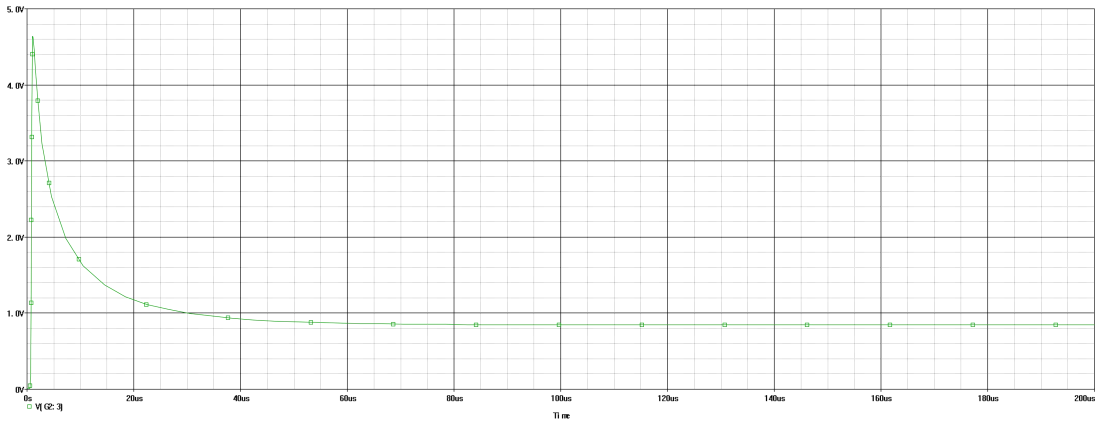




影响：电源的频率越高，波形在一个周期内震动的频率也越高

- 3、含非线性电阻元件的动态电路零状态响应：（打印出电路图和输出波形图，贴上）  
分析流过电阻 $R_2$ 、 $R_3$ 、和非线性电阻 $R_5$ 的电流瞬态特性。

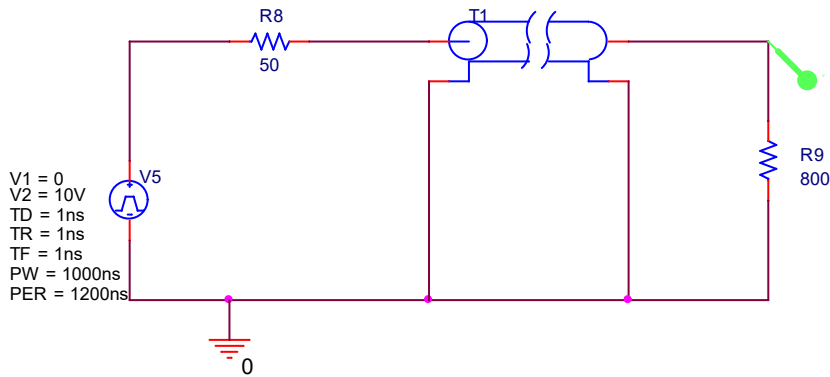




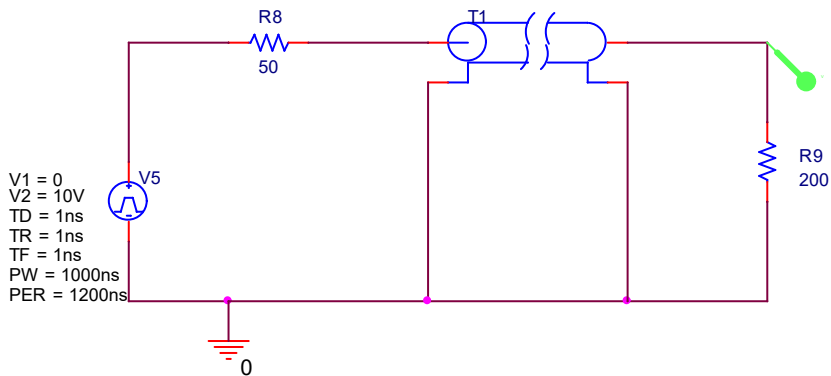
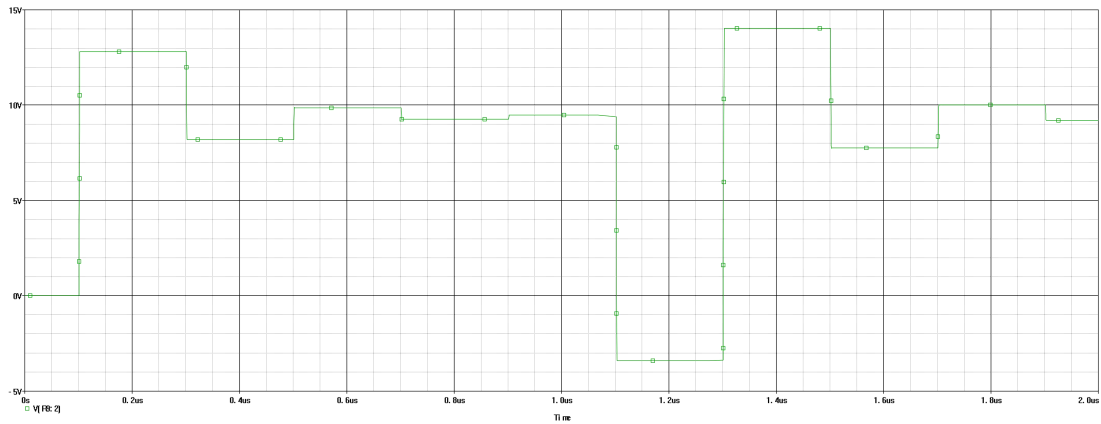
瞬态特性：当开关闭合的瞬间，电路中电流短时间内达到峰值并给电容器进行充电，之后开始反向放电，之后电流不断变小直至稳态

4、无损线终端电压振荡过程仿真：（打印出电路图和输出波形图，贴上）

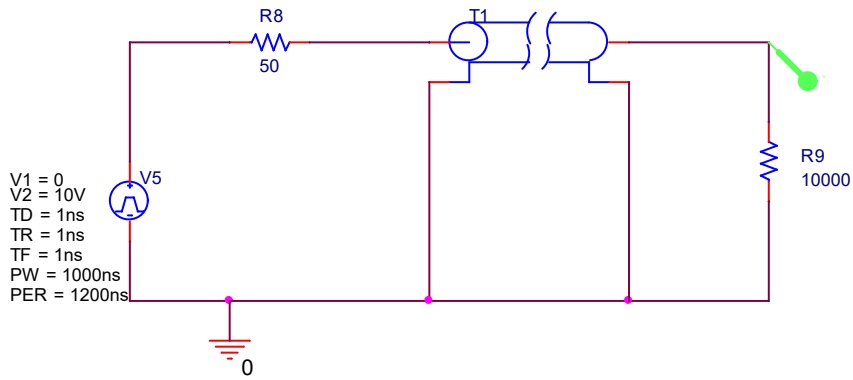
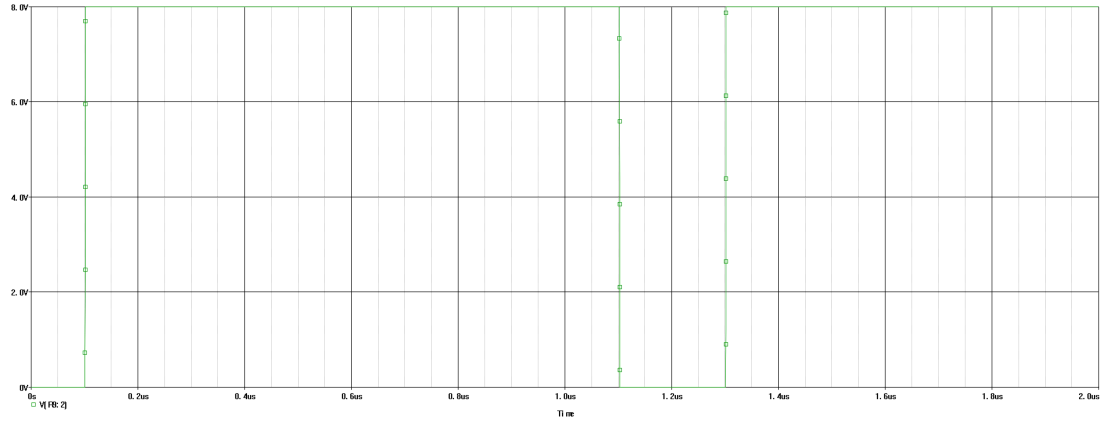
分析不同终端负载电阻对反射振荡及稳态的影响。



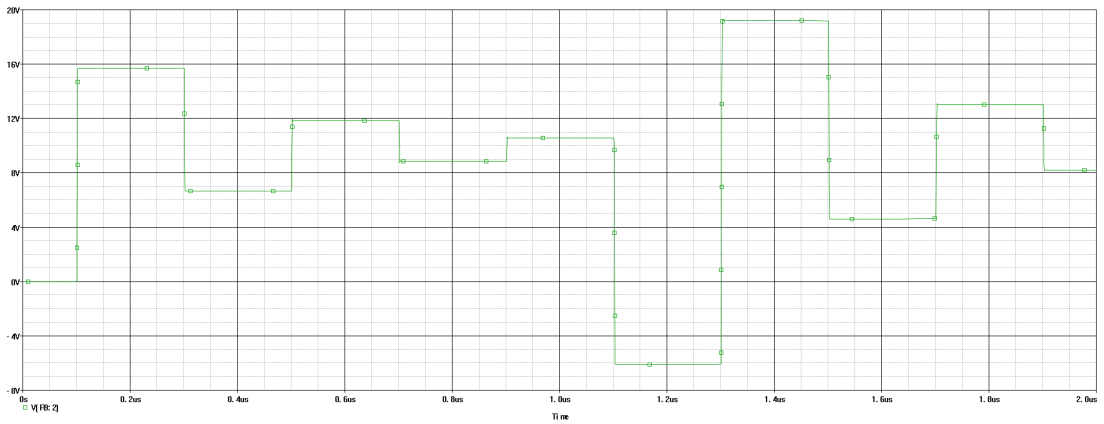
800 Ω



200  $\Omega$



10000  $\Omega$



影响：负载电阻值越小，与传输线的波阻抗  $200 \Omega$  之间的不匹配度越小，终端反射系数越小，反射波的振幅越小，有利于减少反射震荡，能更容易达到稳态；反之电阻值越大，与传输线的波阻抗之间的不匹配度越大，反射波的振幅就越大，电路需要更长时间才能达到稳态

## 六、问题思考

1、对比例 4 仿真结果与电路 IB 理论教材中例 13.6 解析解的结果, 思考终端电压波形各阶段的意义。

第一阶段:  $0\sim 0.1\mu\text{s}$  入射波未抵达终端, 终端电压为 0;

第二阶段:  $0.1\sim 0.3\mu\text{s}$  终端有入射波和反射波各一个, 终端电压为两个波的和;

第三阶段:  $0.3\sim 0.5\mu\text{s}$  终端有入射波和反射波各两个, 终端电压为四个波的和;

第四阶段:  $0.5\sim 0.7\mu\text{s}$  终端有入射波和反射波各三个, 终端电压为六个波的和;

.....

某一时刻的无损线线间电压等于该时刻之前所有正向和反向行波电压之和

## 七、实验体会与建议

通过这次实验, 我更加熟悉了电路仿真实验, 也更加理解无损线上的波过程