

# 电子技术基础实验报告

微电子与固体电子学院 傅宣登 (2016030102010)

2017 年 6 月 6 日

## 实验名称：叠加定理的验证

### 一、实验目的

1. 学习和掌握使用 Ngspice 进行电路仿真的方法。
2. 掌握 Ngspice 中直流电压和直流电流的测试方法。
3. 进一步加深对叠加定理的理解。

### 二、实验原理与测量方法

#### 1 叠加定理

叠加定理指出，全部电源在线性电路中产生的任一电压或电流，等于每一个电源单独作用产生的相应电压或电流的代数和。

考虑如图 1a 所示的电路，电路中各支路电流、电压等于图 1b 中  $u_{1S}$  单独作用产生的电流、电压与图 1c 中  $u_{2S}$  单独作用产生的电流、电压的代数和。

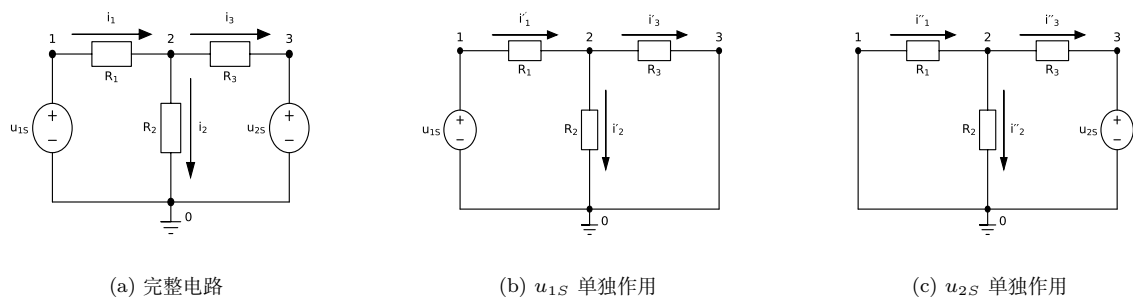


图 1: 叠加定理原理图

#### 2 测量方法

Ngspice 与 Multisim 的核心都是基于使用带 XSPICE 扩展的伯克利 SPICE 的强大的工业标准 SPICE 引擎。与 Multisim 不同的是，Ngspice 是一款自由软件。为远离高昂的授权费用或获取免费教育版的周折，本文使用 Ngspice 进行计算机辅助分析。

在 Ngspice 中，电路是通过一种名为 `netlist` 的文本文件描述的。

在图 1 所示电路中，选取

$$u_{1S} = 5\text{ V} \quad u_{2S} = 2\text{ V}$$

$$R_1 = 2\ \Omega \quad R_2 = 3\ \Omega \quad R_3 = 4\ \Omega$$

则该电路可通过图 2 所示的 **netlist** 来描述。其中 **va** 是一个 0 V 的电压源，用来充当电流表以方便测定  $R_2$  所在支路的电流。

```
*** complete.cir ***
.title Verification of the superposition theorem - Complete Circuit.

vs1 1 0 dc 5
vs2 3 0 dc 2
r1 1 2 2
r2 2 4 3
r3 2 3 4

va 4 0 dc 0 ; Ammeter to measure current into R2
.end
```

图 2: 完整电路的 netlist

将其中 **vs1** 或 **vs2** 的电压改为 0 即可描述某个电压源单独作用时的分电路。将上述 **netlist** 文件分别存为 **complete.cir**、**vs1.cir**、**vs2.cir**。

当 **netlist** 文件准备好后，就在终端下运行下面的命令进入 Ngspice 了。

```
$ ngspice
```

进入 Ngspice 环境后，运行以下命令载入指定电路并准备仿真数据的读取，

```
-> source netlist.cir
```

```
-> op
```

这时可以通过 **print** 命令获取电路响应信息了。

```
-> print -i(vs1),i(va),i(vs2)
```

```
-> print v(1,2),v(2),v(2,3)
```

上述代码显示了载入的电路各节点电压和支路电流。

### 三、实验内容

运行 Ngspice 并载入电路文件、模拟仿真后，记录相关数据于表 1 中。

参数	$I_{R1}/\text{A}$	$I_{R2}/\text{A}$	$I_{R3}/\text{A}$	$U_{R1}/\text{V}$	$U_{R2}/\text{V}$	$U_{R3}/\text{V}$
$U_{S1}$ 单独作用	1.35	0.77	0.58	2.69	2.31	2.31
$U_{S2}$ 单独作用	-0.23	0.15	-0.38	-0.46	0.46	-1.54
共同作用时的测量值	1.12	0.92	0.19	2.23	2.77	0.77

表 1: 仿真实验数据

#### 四、数据分析与结论

分析上表数据可知，在误差范围内，线性电路中各支路电流、电压等于  $U_{S1}$  与  $U_{S2}$  单独作用产生的电流、电压的代数和。叠加定理是正确的。