

# 基于仿真软件的集成运算放大器教学模式研究

吴泳

(湖南邮电职业技术学院,湖南长沙 410015)

**【摘要】**集成运算放大器应用广泛,是模拟电子技术的重要内容,学生对此知识的学习及灵活运用存在一定的困难。本文借助两款仿真工具,引导学生通过对知识原理的学习,实现对知识内容从现象到原理、由简单到复杂电路的理解,掌握集成运算放大器的内容及分析方法,最后达到灵活应用的目标。

**【关键词】**集成运算放大器;仿真软件;教学模式

**【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2021.03.019】**

**【中图分类号】**TN722.77

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**2095-7661(2021)03-0065-04

## Discussion on Teaching Mode of Integrated Operational Amplifier Based on Simulation Software

WU Yong

(Hunan Post and Telecommunication College, Changsha, Hunan, China 410015)

**Abstract:** Integrated operational amplifier is widely used and is an important content of analog electronic technology. Students have some difficulties in learning and flexible application of this knowledge. With the help of two simulation tools, this paper guides students to understand from phenomenon to principle analysis and from simple to complex circuit through simulation, master the principle and analysis method of integrated operational amplifier, and finally achieve the goal of flexible application.

**Keywords:** integrated operational amplifier; simulation software; teaching mode

随着万物互联进程的不断加快,很多应用场景都需对各种信号进行灵活处理。模拟电子技术中的集成运算放大器使用方便,在实际电路中应用非常广泛,如波形变换、信号放大、信号运算、电压比较等。

### 1 现状分析

由于一些高职学生基础差,学习集成运算放大器知识点感觉比较吃力,不能吃透知识点的内容,更谈不上灵活应用。电子技术理论相对抽象,课程知识与实际应用密切关联,需要比较强的实操能力<sup>[1]</sup>。本文借助两款仿真软件对集成运算放大器部分电路进行仿真,先让学生看到电路仿真运行的结果,再逐步引导学生探究此现象后的原因,最终使学生掌握深层次的原理,再通过仿真软件搭建实用电路并进行仿真,达到活学活用的最终目的<sup>[2]</sup>,这对学生的实践能力也是一个很好的

训练。

### 2 搭接电路及仿真

借助一款用于安装在安卓手机上的电路仿真小软件来实现教学演示。课前,把一款安装在安卓手机上的电路仿真软件推送到班级群,学生可以随时随地通过软件仿真提前预习、学习电路知识及本学期的电子技术知识)。学生通过手机上的App快捷搭建相应电路并能根据具体情况改变某些元件及电路的参数,运行电路后直接可看到结果,学生比较这些不同的参数及其引起现象的差别,再去探究后面的原因,更好掌握相应知识点内容。图1是安卓手机上的软件搭建的一个集成运算放大器简单电路,此时输出端 $U_o$ 为低电平,对应的是反接的二极管被点亮(因为不能显示彩色,二极管负极多的墨色表示此管被点亮,下同)。电路组成为 $U_1$ 处接一交流电压源幅值1 V、频率200 Hz,

**【收稿日期】** 2021-07-14

**【作者简介】** 吴泳(1970-),男,湖南江华人,湖南邮电职业技术学院高级实验师,硕士,研究方向:电子与信息。

$U_+$ 处接一直流0.3 V电压源, $U_0$ 处接两个反向的发光二极管用于检测此处的高低电平, $U_0$ 为高电平正接的二极管(左边)发光点亮、反接的二极管(右边)不发光不亮, $U_0$ 为低电平正接的二极管(左边)不发光不亮、反接的二极管(右边)发光点亮。学生会好奇这两个发光二极管为什么会交替一闪一闪的(不是在手机上,因此不能显示动态效果,下同)。还可以在 $U_+$ 、 $U_0$ 加上监测点,电路运行后就可以同时看到两点的波形,所见即所得,方便学生理解相应的知识也加深对知识点的印象。图2为输出端是高电平正接的二极管被点亮。

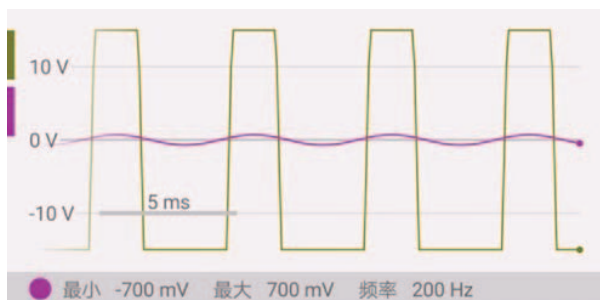


图1 为输出端是低电平反接的二极管被点亮

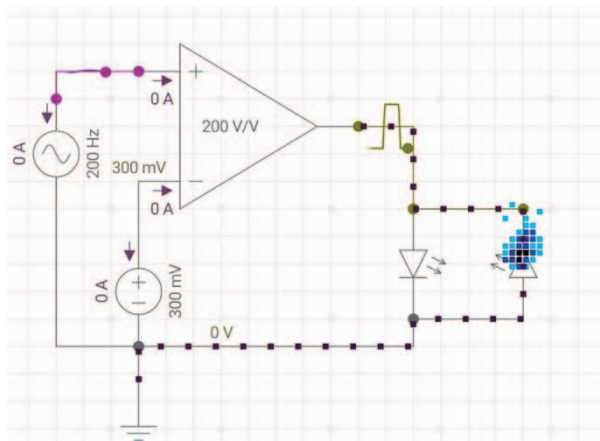


图2 输出端是高电平正接的二极管被点亮

### 3 引导学生从现象深入探讨电子技术课程原理

学生在手机上可看到: $U_0$ 处接两个反向并接的发光二极管交替一闪一闪如图3(不是在手机

上,因此不能显示动态效果,下同),为什么会有此现象? $U_0$ 处应该是正负电压交替出现才会出现两个发光二极管交替点亮的现象。

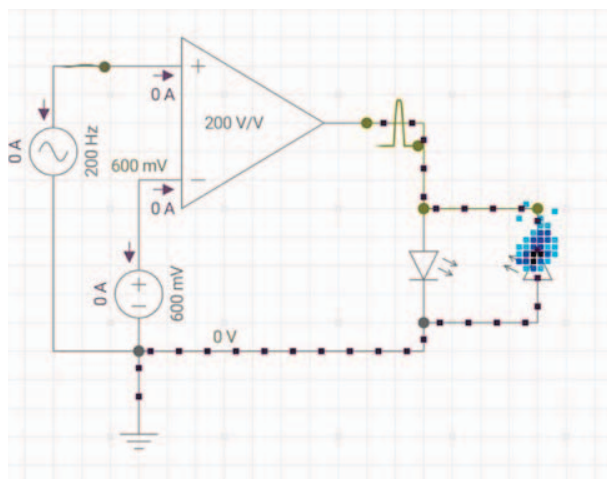
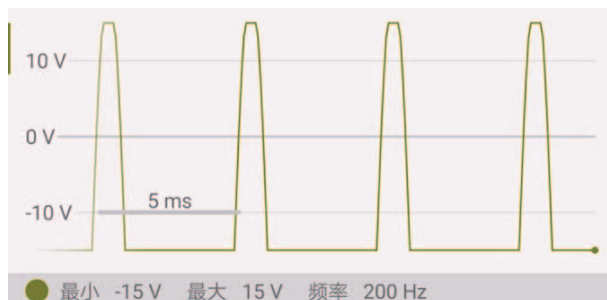


图3 改变输入参数后输出端波形占空比变化

## 4 电路原理学习与深入探究分析

### 4.1 集成运算放大器简介

集成运算放大器的符号如图4。当输入加在 $U_N$ 端时,输出电压 $U_0$ 与输入电压 $U_N$ 相位反相,故称为反相输入端;当输入信号从 $U_p$ 端输入时,输出电压 $U_0$ 与输入电压 $U_p$ 相位相同,故称为同相输入端。当 $U_p$ 与 $U_N$ 同时作用时, $U_0=A_{ui}=A(U_p-U_N)$ ,其中,A称为集成运算放大器的开环增益<sup>[3]</sup>。

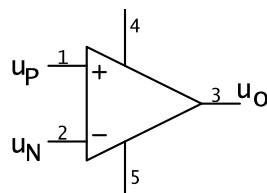


图4 集成运算放大器的符号

### 4.2 理想集成运算放大器的特性

在实际应用中,理想集成运算放大器的开环增益、输入电阻 $R_i$ 都很大,所以在电路分析中,采用理想集成运算放大器模型, $R_i \rightarrow \infty$ 、 $A \rightarrow \infty$ ,即“虚短”“虚断”的特性,“虚短”即 $U_i=U_0/A=0$ ,即 $U_p=U_N$ ;“虚断”即 $i_p=i_n$ 。这在后面的电路分析中,为分析解决问题提供了方便。

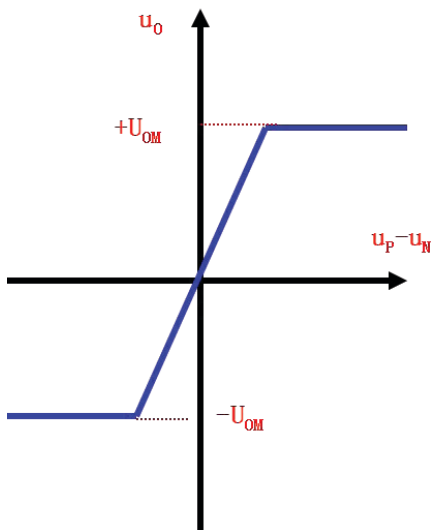


图5 输入输出特性曲线

集成运算放大器输入输出特性曲线如图5<sup>[3]</sup>,结合具体电路分析可知:图1中输入端一个是正弦交流电电压,另外一个为直流0.3 V电压,当正弦交流电压即 $U_p$ 比 $U_N$ 的0.3 V高时,为正饱和区输出是高电平,即+15 V,而当正弦交流电压即 $U_p$ 比 $U_N$ 的0.3 V低时,为负饱和区输出是低电平,即-15 V;随着正弦交流电压变化,集成运放的 $U_o$ 处应该是一个正负交替输出电压,从监测点波形输出也可验证这一结论。两个正负15 V电压分时间段加在两个反向并接的发光二极管上,其上为正向电压的二极管会被点亮,反向电压的二极管则不亮,从而显示出看到的现象。从图1与图3比较看出,当仅仅改变 $U_o$ 处直流电压源的电压值从0.3 V调为0.6 V时,所以输出电压 $U_o$ 的正负饱和区也随之改变,从而导致 $U_o$ 的占空比也跟着发生改变。学生可以更好地理解运放饱和区输入输出之间的时间点发生变化,对应输出方波占空比与时间点的关系,从而逐步引导学生由浅入深地探究知识的深度,掌握工作原理,为活学活用打下坚实的基础,同时实现学生电路分析及综合素质的迁移与跃变。

## 5 集成运算放大器的应用分析及Multisim仿真

### 5.1 反相放大电路

如图6所示为反相放大电路。反相端为虚地点, $U_N=0$ ,由“虚断”的特性( $i_+=i_-$ )故有:

$$\frac{U_i - U_N}{R_1} = \frac{U_N - U_o}{R_2} \quad \text{或} \quad \frac{U_i}{R_1} = -\frac{U_o}{R_2}$$

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

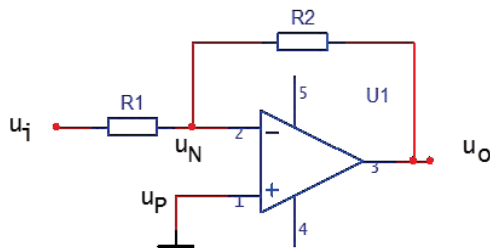


图6 反相放大电路图

当 $R_2=R_1$ 时为反相电路,即 $U_o=-U_i$ 。图7为Multisim仿真软件中的反相放大电路仿真图,从图中参数可知:取 $R_2=R_1=100 \Omega$ , $U_i=6.5 \text{ V}$ ,仿真结果显示 $U_o=-U_i=-6.5 \text{ V}$ ,与计算结果一致。

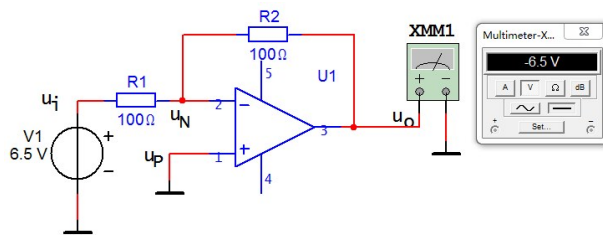


图7 反相放大电路仿真图

图8为反相放大电路调整参数后的仿真图,从图中可知: $R_2$ 从 $100 \Omega$ 调整为 $20 \Omega$ ,其他参数不变,仿真结果显示 $U_o=-\frac{20}{100} U_i=-0.2*6.5 \text{ V}=-1.3 \text{ V}$ ,与计算结果完全吻合。

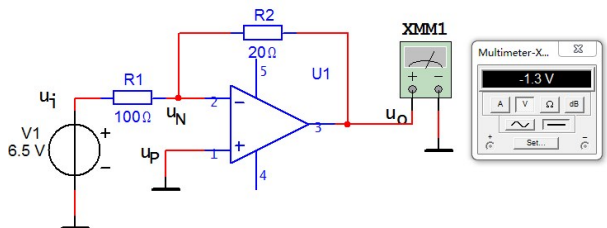


图8 反相放大电路调整参数后的仿真图

### 5.2 同相放大电路

由“虚短”、“虚断”的概念得: $U_p \approx U_n$ ;“虚断”即 $i_p=i_n=0$ ,由图9知:

$$U_i = U_p \approx U_n = U_f = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_o$$

从而可得电压增益为:

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

式中 $A_u$ 为接入负反馈后的电压增益,为闭环电压增益。 $A_u$ 为正值,即 $U_o$ 与 $U_i$ 同相关系<sup>[4]</sup>;且总是大于1,其值只取决于外部电路 $R_1$ 、 $R_2$ 两个电阻元件参数值,而与集成运放的参数无关。

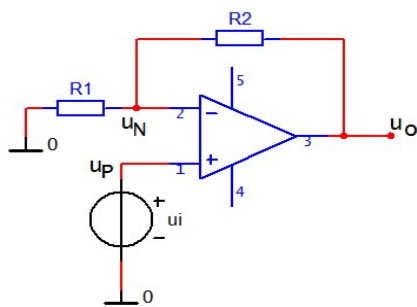


图9 同相放大电路

图10为Multisim仿真软件中的同相放大电路仿真图,从图中参数可知:取 $R_2=R_1=100\ \Omega$ , $U_i=4\ \text{V}$ ,仿真结果显示 $8\ \text{V}$ ,与计算结果 $U_o=(1+1)U_i=8\ \text{V}$ 一致。

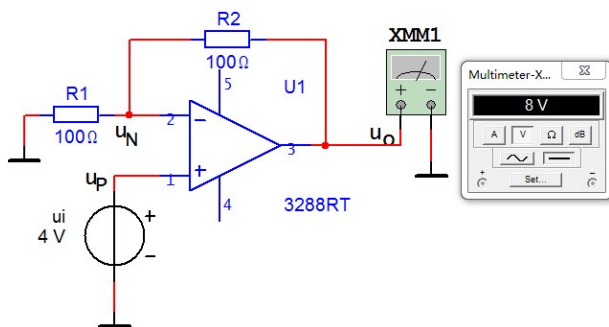


图10 Multisim软件中的同相放大电路仿真图

图11仿真图中的同相放大电路参数进行了调整,从图中可知: $R_1$ 从 $100\ \Omega$ 调整为 $75\ \Omega$ ,其他参数不变,仿真结果显示 $U_o=9.333\ \text{V}$ ,与计算结果 $U_o=\left(1+\frac{100}{75}\right)U_i=9.333333\ \text{V}$ 吻合。

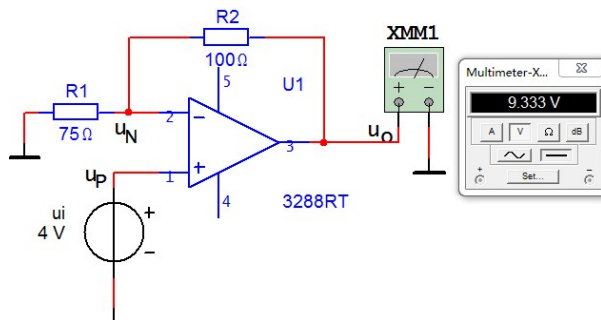


图11 同相放大电路调整参数后的仿真图

## 6 结语

集成运放可以对信号实现加减、微分、积分的运算,及多种信号的变换,应用十分广泛便捷<sup>[3]</sup>。通过集成运算放大器知识点的学习让学生完成从现象到原理、从简单到复杂、从一种方法到多种方式综合性分析的提升,实践证明这一套方案可行。利用随身携带的手机,方便学生随时随地有相应的操作平台可以去实践,逐步培养学生的兴趣,同时使有兴趣的学生可以获得更深的知识内容。

## 【参考文献】

- [1]吴泳,周子杰.基于Multisim仿真的电子技术课程设计及实践[J].湖南邮电职业技术学院学报,2020(1):87-89,97.
- [2]张林,邓天平.“模拟电子技术”课程教学内容改革探讨[J].电气电子教学学报,2015(2):14-16,80.
- [3]康华光等.电子技术基础[M].北京:高等教育出版社,2013.
- [4]吴泳.集成运算放大器的教学仿真实践与应用研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2018(3):4-7.
- [5]胡俊海,王英男,朱凤武.含有集成运放电路的分析小结[J].教育现代化,2017(4):120-122.