

Multisim在三极管共射放大电路教学中的应用

甘文乐

广西商贸高级技工学校

[摘要]三极管共射放大电路是中职学生比较难理解的部分,针对三极管共射放大电路内容抽象的特点,利用Multisim仿真软件完成对三极管共射放大电路的工作原理、静态工作和动态工作进行分析,结合示波器、万用表和频谱分析仪等仪器的使用,操作简单,界面直观,对于三极管共射放大电路的教学起到了很好的辅助作用。

[关键词]Multisim; 三极管共射放大电路; 静态工作点; 电流放大倍数; 电压放大倍数

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.09.2347

1 引言

三极管共射放大电路是模拟电子电路中的重点内容,是后续学习电路的基础。该部分内容涉及的概念较多,内容抽象,特别是静态工作点、失真现象等问题,学生比较难掌握。通过Multisim仿真软件,可以让学生直接观察到波形电流放大和电压放大,对失真现象也有了感性的认识。本文以NPN型三极管共射放大电路的仿真和设计为例,通过Multisim仿真软件,把枯燥的理论知识变得直观,在教学中可以实现“教学-仿真-分析实验”的模式,便于中职学生能够接受。Multisim软件是一个具有集成化设计环境,用于电子电路仿真与设计的EDA工具软件,采用Multisim计算机仿真与虚拟仪器技术可以很好地解决理论教学与实验教学相脱节的问题。

2 Multisim仿真软件介绍

Multisim界面非常直观简洁,操作起来就像我们现实里连接电路一样,界面其实如图一个我们用的电子实验工作台,绘制电路时只需将元器件和仿真所需的测试仪器直接拖拽至屏幕,点击鼠标或者快捷键用导线连接好,软件仪器的控制面板和操作方式与实物相似,波形、测量数据以及特性曲线跟在真实仪器上看到的基本一致。

Multisim仿真元件库中元件数量繁多,拥有世界主流元件提供商的超过17000多种元件,同时能方便地对元件各种参数根据需要进行编辑修改,也可利用模型生成器以及代码模式创建模型等功能,创建自己需要的元器件。

Multisim仿真能力十分强大,使用Xspice和SPICE3F5的内核作为仿真的引擎,经Electronic、workbench带有的增强设计功能将数字和混合模式的仿真性能进行优化。其中包括RF仿真、SPICE仿真、VHDL仿真、MCU仿真以及电路向导等功能。

Multisim虚拟测试仪器仪表种类非常丰富,一共提供了22种虚拟仪器辅助测量:包括函数信号发生器、示波器、万用表、波特仪、频谱仪、失真度仪等仪器,这些仪器的设置和使用跟真实使用一致,能够动态交互显示。除默认的仪器外,仍可以创建LabVIEW的自定义仪器,使得图形环境中可以灵活地可升级测试、测量及控制应用程序的仪器。

Multisim软件还拥有种类丰富的分析功能,如直流工

作点分析、交流分析、直流扫描分析、直流和交流灵敏度分析、参数扫描分析、温度扫描分析、瞬态分析、传输函数分析、失真度分析、噪声分析、零级分析、蒙特卡罗分析等分析功能。能利用仿真产生的数据执行分析,分析范围广,可以将一个分析作为另一个分析的一部分的自动执行。集成Signalexpress和LabVIEW快速进行原型开发和测试设计,拥有符合行业标准的交互式测量和分析功能。

3 三极管共射放大电路的分析

3.1 静态工作点

三极管放大电路是构成各种功能模拟电子电路的基本电路,能实现对模拟信号最基本的放大,三极管是三极管放大电路的核心元件,它能将微小的基极电流放大为较大的集电极电流,它有三个极,分别叫做集电极C,基极B,发射极E。本文以NPN三极管的共发射极放大电路为例来说明三极管放大电路的基本原理。三极管共射放大电路是应用最广泛的三极管接法,信号由三极管基极和发射极输入,从集电极和发射极输出。因为发射极为共同接地端,故称为共射放大电路。如图1,图中电流源提供输入峰值为1mv,频率1KHz的交流信号,直流12V电源提供放大能量,电容隔直通交,电阻起到限流的作用。XSC1为示波器,端口A测输入波形,端口B测输出波形,二者均为交流信号。XMM1为万用表,测量三极管静态工作点Q1的集电极输出电压。该放大电路的工作状态直接由三极管的所处状态决定,三极管有三种工作状态:截至状态、放大状态和饱和状态。截至状态时三极管发射结反偏、集电结反偏;饱和状态时三极管发射结正偏、集电结正偏;放大状态时三极管发射结正偏、集电结反偏。三极管共射放大电路要处在放大状态,此时应满足: $U_C > U_B > U_E$ 。为使三极管工作在放大状态,此时就需要给它加上偏置电路,设置合适的静态工作点。静态工作点即不加输入信号的时候,由直流电源单独作用在三极管各极上的电压或电流。设置静态工作点的是为了使放大电路获得最大动态范围,最大动态范围是指放大器所能够达到的最大不失真的峰峰值。

静态工作点的设置极其重要,如果设置不当,输出波形就会出现严重的非线性失真。在三极管共射放大电路中,当交流电源输入信号为零时,电路处于直流工作状态时,此时

这些电流和电压的数值用“BJT特性曲线”上的一个确定点来进行表示,这个点我们称为“静态工作点Q”。在讲授静态工作点Q时,学生对于静态工作点Q点的理解往往很模糊,会产生类似的疑问:静态工作点Q是什么,为什么要设置工作点Q,如何设置静态工作点Q,如果静态工作点Q点设置得不合理会产生什么后果等。利用Multisim软件改变偏置电阻R1的阻值大小,来改变三极管放大电路的偏置电压来获得合适的静态工作点Q,用失真仪看到,静态工作点Q设置偏高出现饱和和失真,设置偏低出现截至失真。通过演示,学生对静态工作点Q点合理设置的理解就深入透彻了。同时要强调,三极管放大电路能放大的对象是动态信号,但三极管放大电路能够进行放大的前提是必须设置合适的静态工作点。如果静态工作点设置得不合适,输出的波形出现了失真,那这样的“放大”也就显得毫无意义了。

3.2 三极管共射放大电路静态分析

如图1,当静态工作点 $U_{CEQ}=0.5V_{CC}=6V$ 时,我们认为该放大器位于最佳工作点,此时放大器具有最大动态范围,同时允许输入放大器的交流小信号幅值也达到最大。我们选取NPN型三极管2N6715,导通电压约为0.7V。集电极静态工作电流 $I_{CQ}=(12-U_{CEQ})/R_2 \approx 1.62mA$,基极静态工作电流 $I_{BQ}=(12-U_{BEQ})/R_1 \approx 7.06\mu A$,则三极管电流放大倍数 $\beta=I_C/I_B \approx 220$ 。在Multisim仿真软件完成如图1,在未接入交流电压源的情况下,在基极电流支路和集电极电流支路分别插入电流探针,在集电极和发射极两端接入万用表,测得电路实际的电路中 $I_B=7.136\mu A$, $I_C=1.56mA$, $U_{CE}=12-I_C R_C=6.17V$ (如图1),根据公式 $\beta=I_C/I_B$ 可以得出电流放大倍数 $\beta=221$ 。得到的软件仿真结果与理论计算值接近,说明此时我们设置的静态工作点是最佳静态工作点,三极管此时处于放大状态。通过这样的软件仿真测试,测试数据说服力强,验证了我们理论的计算,在教学中同时也给学生渗透了严谨的科学态度。

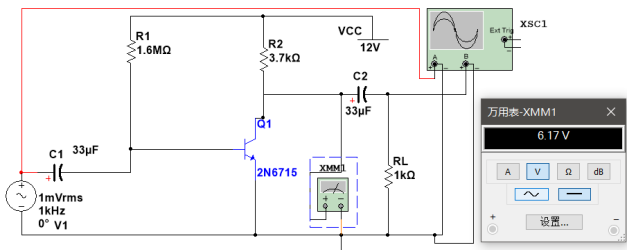


图1 利用Multisim软件绘制的三极管共射放大电路

3.3 三极管共射放大电路动态分析

当三极管处于放大区时,在放大电路输入端输入信号为频率1K Hz,峰值1mV的正弦波,通过三极管电流放大作用,在输出端产生放大的输出电压。因基极电流 I_B 很小,我们认为发射极电流约等于集电极电流, $I_e \approx I_c=1.62mA$,根据

放大电路等效电路计算出三极管输入等效电阻 $r_{be}=200\Omega+(1+\beta)26(mV)/I_e(mA) \approx 3.763K\Omega$ 。根据图2所示的示波器输出的波形图,输入波形为通道A,输出波形为通道B,根据公式计算出电压放大倍数 $A_u=U_o/U_i=49.845/(-1.042) \approx -47.84$,而且我们可以很直观地看到,当输入信号的峰值为-1.042mV时,此时示波器输出波形峰值为49.845mV,同时输入输出波形相位差 180° ,波形发生了翻转,三极管放大电路输出电压与输入电压反相,同时学生对反相的概念理解得更为深入。

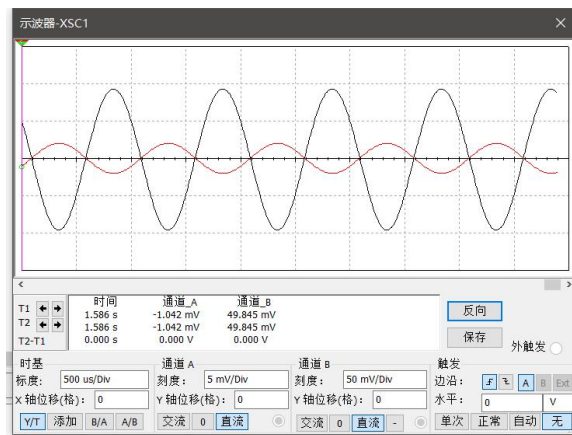


图2 示波器输出的波形图

4 结论

在三极管共射放大电路教学的过程中,通过Multisim仿真来完成三极管共射放大电路静态分析和动态分析,通过直接测试数据,同时与理论计算出来的数据进行一一对比,与万用表即时显示的数据,示波器展现出来的输入波形输出波形对比,来代替那些难以通过语言、文字表达传达的现象及复杂的变化过程,有助于学生加深对于三极管共射放大电路本质的理解,实现在有限的课堂教学中,将简单抽象转为具体形象,将枯燥乏味的内容变为生动有趣的仿真测试,充分调动了学生学习积极性。

参考文献

[1] 季艳. Multisim在电工电子技术教学改革中的应用[J]. 职业, 2016(3): 145.
 [2] 余林. Multisim仿真软件在电子技术教学中的应用[J]. 南方农机, 2018, 49(23): 122.
 [3] 郑三婷. 浅谈Multisim仿真软件在模拟电子技术课程教学中的应用[J]. 电子测试, 2020(12): 121-122.
 [4] 张泓. 浅谈Multisim在电子技术基础课程教学中的应用[J]. 电子制作, 2020(22): 50-51.

作者简介:

甘文乐,女,汉族,广西南宁人,工作单位广西商贸高级技工学校。