

在 Multisim7 中放大器动态指标测试

李加升

(益阳职业技术学院, 湖南 益阳 413049)

摘要: 介绍了在 Multisim7 中进行放大器动态指标测试的方法, 指出了在放大器动态指标测试中的注意事项, 并将部分测量值与计算值进行了比较, 结果验证了该方法的可行性与有效性。

关键词: Multisim7; 放大器; 动态指标; 测试

中图分类号: TN407

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)01-0082-03

Amplifier Dynamic Target Test in Multisim7

Li Jiasheng

(Yiyang Professional Technology Institute, Yiyang Hunan 413049, China)

Abstract: The method of amplifier dynamic target test in Multisim7 is introduced. Then, it points out attention notes in amplifier dynamic target test and compares with the partial observed values and the predicted value. The results prove its feasibility and effectiveness.

Key words: Multisim7; amplifier; dynamic target; test

放大器动态指标测试, 一直是在传统实验室通过实物进行实验, 由于人和实验设备等诸多原因, 操作上误差较大, 影响着实验结果的可靠性和稳定性^[1,2]。有了 Multisim7 等电子虚拟实验室的软件后, 这种实验就显得方便多了, 实验的精度也提高了, 实验结果的可靠性也增大了^[1]。本文主要介绍了在 Multisim7 中进行放大器动态指标测试的方法。

1 放大器动态指标测试

放大器动态指标测试包括电压放大倍数、输入电阻、输出电阻、最大不失真输出电压(动态范围)和通频带等。

1.1 电压放大倍数 A_U 的测量

图1是测量电压放大倍数 A_U 的电路图, 图中 U_1 、 U_2 分别为交流电压表, XSC1 为示波器, 各元件的取值分别为 $R_1=5.1\text{ k}\Omega$, $R_2=20\text{ k}\Omega$, $R_4=2.4\text{ k}\Omega$, $R_5=2.4\text{ k}\Omega$, $R_6=1\text{ k}\Omega$, $C_1=C_2=10\text{ }\mu\text{F}$, $C_3=47\text{ }\mu\text{F}$, 三极管的型号为 2SC1815、其 $\beta=100$, 电源供电电压 $U_1=12\text{ V}$; 调整放大

器到合适的静态工作点(如为保证 $U_E=2\text{ V}$, 调整 R_3 的值, 使 $R_3=68\text{ k}\Omega$), 然后加入输入电压 U_i (输入信号是频率为 1 kHz 、有效电压值为 10 mV 的正弦波), 在输出电压 U_o 不失真的情况下, 用交流毫伏表测出 U_i 和 U_o 的有效值: $U_i=2.367\text{ mV}$, $U_o=185\text{ mV}$, 则

$$A_U = \frac{U_o}{U_i} = \frac{185\text{ mV}}{2.367\text{ mV}} = 78.16。$$

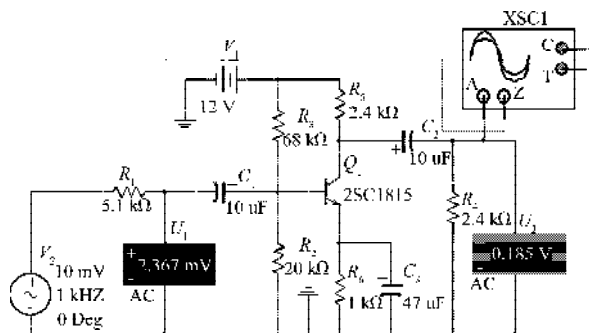


图1 电压放大倍数的测量

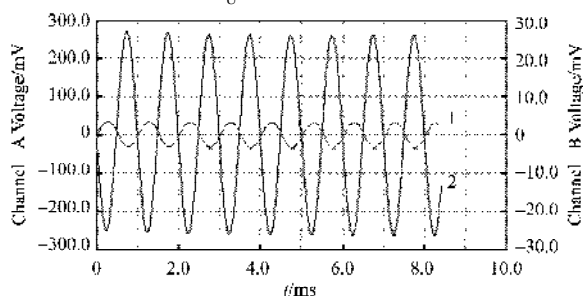
Fig. 1 Measurement of voltage Magnification

仿真时得到的输入输出波形如图2所示, 从波形

收稿日期: 2007-10-31

作者简介: 李加升(1965-), 男, 湖南安化人, 益阳职业技术学院副教授, 硕士, 主要研究方向为现代信号处理, 电能质量检测。

图上也可近似看出 A_U 的值。



1—输入波形；2—输出波形

图2 输入输出波形

Fig. 2 Input and output waveform

如果采用小信号模型法分析的公式来计算, 则可得三极管的动态输入电阻为:

$R_{be} = 300 + (1 + \beta)26/I_E = 300 + (1 + 100)26/2 \text{ k}\Omega = 1.613 \text{ k}\Omega$,
计算所得电压放大倍数为^[3,4]:

$$A_U = \frac{U_o}{U_i} = -\beta \frac{R'}{R_{be}} = -\beta \frac{R_4 R_5}{(R_4 + R_5) R_{be}} = -\frac{100 \times 1.2}{1.613} = -74.4。$$

将计算值 A_U 与测量值 A_U 进行比较, A_U 和 A_U 在误差允许的范围内基本上是相等的, 负号表示输出电压与输入电压反相。

1.2 输入电阻 R_i 的测量

为了测量放大器的输入电阻, 按图3所示电路在被测放大器的输入端与信号之间串入一已知电阻且 $R_7 = 1 \text{ k}\Omega$, 电路中其他各元件的取值和图1相同, 在放大器正常工作的情况下, 用交流毫伏表测出 $U_s = 3.346 \text{ mV}$ 、 $U_i = 2.056 \text{ mV}$, 则根据输入电阻的定义可得^[3-5]:

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{U_{R_7}/R_7} = \frac{U_i}{U_s - U_i} R_7 = \frac{2.056 \text{ mV}}{3.346 \text{ mV} - 2.056 \text{ mV}} \times 1 \text{ k}\Omega = 1.594 \text{ k}\Omega。$$

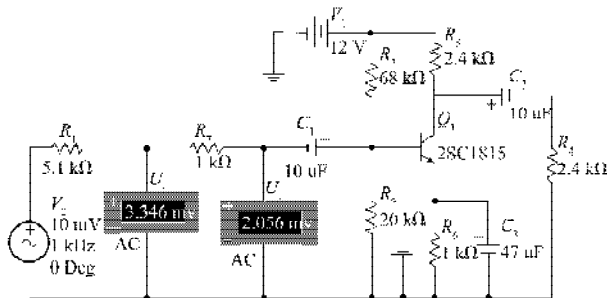


图3 放大器输入电阻的测量

Fig. 3 Amplifier input resistance measurement

测量输入电阻时应注意如下2点:

1) 由于电阻 R_7 两端没有电路公共接地点, 所以测量 R_7 两端电压 U_{R_7} 时必须分别测出 U_s 和 U_i , 然后按 $U_{R_7} = U_s - U_i$ 求出 U_{R_7} 值。

2) 电阻 R_7 的值不宜取得过大或过小, 以免产生较大的测量误差, 通常取 R_7 与 R_i 为同一数量级为好, 本实验可取 $R_7 = 1 \sim 2 \text{ k}\Omega$ 。

如果利用公式来计算, 则得:

$$R_i' = R_3 // R_2 // R_{be} = 68 // 20 // 1.613 \text{ k}\Omega = 1.461 \text{ k}\Omega。$$

将计算值 R_i' 与测量值 R_i 进行比较, 在误差允许的范围内, R_i' 和 R_i 基本上是相等的。

1.3 输出电阻 R_o 的测量

按图4所示电路(电路中各元件的取值和图1相同), 在放大器正常工作条件下, 测出输出端不接负载 R_L 时输出电压 $U_o = 0.348 \text{ V}$ 和接入负载后的输出电压

$U_L = 0.185 \text{ V}$, 根据 $U_L = \frac{R_L}{R_o + R_L} U_o$ ^[3,4] 即可求出:

$$R_o = \left(\frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L = \left(\frac{0.348 \text{ V}}{0.185 \text{ V}} - 1 \right) \times 2.4 \text{ k}\Omega = 2.115 \text{ k}\Omega。$$

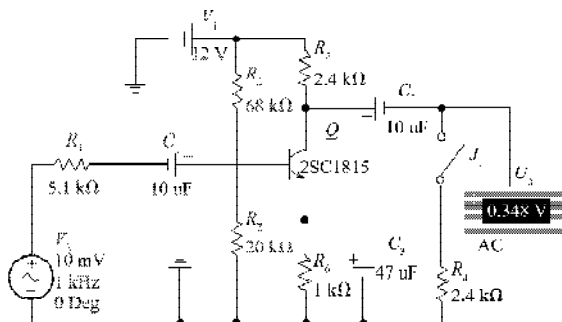


图4 输出电阻的测量

Fig. 4 Output resistance measurement

在测试中应注意, 必须保持 R_L 接入前后输入信号的大小不变。

如果利用公式来计算, 则得 $R_o' \approx R_c = 2.4 \text{ k}\Omega$ 。

比较 R_o' 和 R_o 发现, 在误差允许的范围内 R_o' 和 R_o 基本上是相等的。

1.4 最大不失真输出电压 U_{opp} 测量(最大动态范围)

如图5所示, 为了得到最大动态范围, 应将静态工作点调在交流负载线的中点。

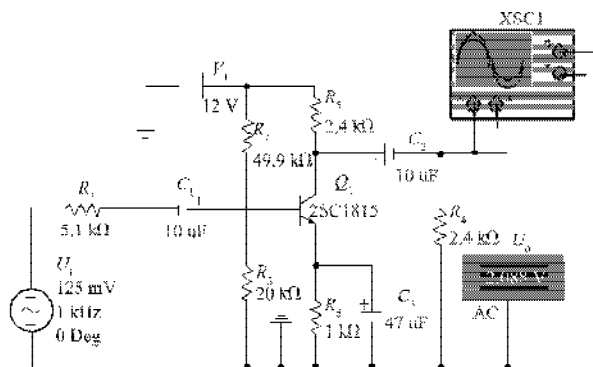


图5 最大动态范围的测量

Fig. 5 Most greatly dynamirange measurement

为此, 在放大器正常工作的情况下, 逐步增大输入信号的幅度, 并同时调节 R_7 (改变静态工作点), 用示波器观察 U_o , 当 R_7 调到 $49.9 \text{ k}\Omega$ 时, 输出波形同时出现削底和缩顶现象(见图5), 说明静态工作点已调在交流负载线的中点, $R_7 = 49.9 \text{ k}\Omega$ (电路中其它各元

件的取值和图1相同)。然后反复调整输入信号,当输入信号调到 $U_i=125\text{ mV}$ 时,波形输出幅度最大,且无明显失真,用交流毫伏表测出 $U_o=2.088\text{ V}$ (有效值),则动态范围等于 $2\sqrt{2}U_o=5.905\text{ V}$ 。或用示波器直接读出 U_{opp} ,如图6是输出波形,比较计算值和直读值发现,在误差允许的范围内两个值基本上是相等的。

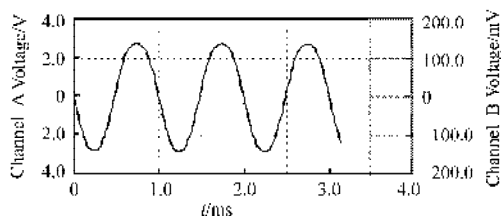


图6 输出电压波形

Fig. 6 The output voltage waveform

1.5 放大器幅频特性的测量

放大器幅频特性,是指放大器的电压放大倍数 A_U 与输入信号频率 f 之间的关系曲线。通常规定电压放大倍数随频率变化下降到中频放大倍数的 $1/\sqrt{2}$ 倍,所对应的频率分别称为下限频率 f_L 和上限频率 f_H ,则通频带 $f_{BW}=f_H-f_L$ [3,4]。

放大器的幅频特性,就是测量不同频率信号时的电压放大倍数 A_U 。为此,可采用前述测 A_U 的方法,每改变一个信号频率,测量其相应的电压放大倍数,测量时应注意取点要恰当,在低频段与高频段应多测几点,在中频段可少测几点。此外,在改变频率时,要保持输入信号的幅度不变,且输出波形不失真。表1是测得的一组数据,由这组数据可得 f_L 约等于0.20 kHz,而 f_H 约等于930 kHz,则通频带为929.8 kHz,由这组数据也可绘出其幅频特性曲线,但这种方法误差大、比较麻烦。如果用波特仪来测量就显得方便多了。图7是测幅频特性曲线电路图[6],图中XBP1为波特仪,各元件的取值和图1相同。图8是波特仪显示的波形(为了显示出完整的曲线,频率范围选择为30 Hz~1 MHz, Y轴、X轴采用对数刻度 $\log Y$ 、 $\log X$,这点很重要)。通频带也可通过波特仪测得,只要利用鼠标拖动读数指针,就可测得中频放大倍数的 $1/\sqrt{2}$ 倍所对应的两个频率 f_L 和 f_H ,所测得数据为 $f_L=34.8\text{ Hz}$, $f_H=952.063\text{ kHz}$,这样就可求出通频带为953.028 kHz。直接利用波特仪测得的数据与上述方法所得值存在一定的误差。

2 结语

应用multisim7电路仿真软件对放大器动态指标进行了测试,并对其进行了分析,加深了学生对于放大器的理解。并以此为基础,利用该仿真软件对其他各类模拟和数字电路进行仿真分析和设计,能够大大提高学生的电路分析与设计能力,对于一些知识点的理

解也大有帮助,并且为他们以后利用计算机进行电路设计打下良好的基础[5]。

表1 幅频特性曲线的测量数据

Table 1 Measurement data of amplitude-frequency characteristic

幅频特性实验所测得的数据				
次数	f/kHz	U_i/mV	U_o/V	A_U
1	0.05	5.471	0.085	15.54
2	0.07	5.031	0.103	20.47
3	0.20	4.050	0.123	30.37
4	0.50	3.415	0.144	42.17
5	1.00	3.352	0.145	43.26
6	2.00	3.337	0.145	43.45
7	10.0	3.332	0.145	43.52
8	110	3.288	0.144	43.90
9	200	3.190	0.140	43.89
10	300	3.039	0.133	43.76
11	700	2.302	0.101	43.67
12	930	3.252	0.100	31.02

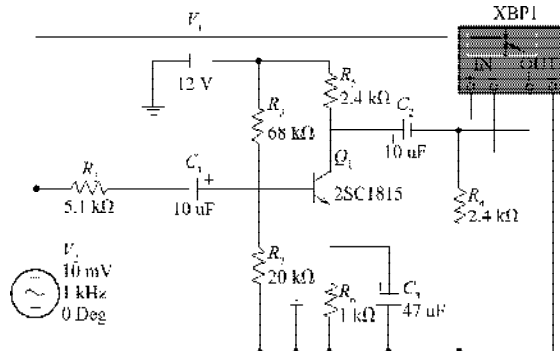


图7 幅频特性曲线的测量

Fig. 7 Amplitude-frequency characteristic curve measurement

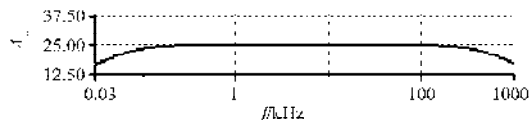


图8 放大器幅频特性曲线

Fig. 8 Amplifier amplitude-frequency characteristic

参考文献:

- [1] 卢庆林. 电子线路CAD设计[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2004.
- [2] 高娟, 李峰. 基于Multisim的电子电路仿真研究[J]. 青岛职业技术学院学报, 2006, 19(2): 63-65.
- [3] 周良权. 模拟电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [4] 唐程山. 电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [5] 张晖. 基于Multisim2001的共射放大电路分析方法[J]. 南通航运职业技术学院学报, 2005, 4(4): 51-54.
- [6] 杜永泰. EWB中测试半导体器件特性的方法[J]. 电子技术, 2007(3): 53-56.