

基于双踪示波器的差动放大器 传输特性图示法

宋卫星

(陕西理工学院 物理系, 陕西 汉中 723001)

摘要: 大信号作用下的差动放大器的输入—输出关系常用传输特性来表示。在模拟电路实验教学中, 若采用具有 $X-Y_A$ 、 Y_B 工作方式的双踪通用示波器、低频信号发生器、交流电压表可以同时显示出差动放大器两管的传输特性曲线; 利用此特性曲线能够观测差动放大器电压放大倍数的线性度, 测试出差动放大器的电压放大倍数、动态范围; 通过这一测试过程也能够加深学生对双踪示波器工作方式的理解、提高学生运用示波器的技能。

关键词: 传输特性; 双踪示波器; 电压放大倍数

中图分类号: TM935.32 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-4956(2007)02-0046-03

Graphic representation of the differential amplifier transmission property by dual-channel oscilloscope

SONG Wei-xing

(Shaanxi University of Technology, Hanzhong, 723001, China)

Abstract: The input-output relation of the differential amplifier under strong signal is usually expressed by its transmitting curves. In analogous circuit experiment, the curves of both the transistors and the amplifier can be displayed simultaneously with an AC voltmeter, a low frequency signal generator, a dual-channel oscilloscope of $X-Y_1$ and Y_2 mode. The curves show the linearity of the voltage magnification of the amplifier, the voltage magnification, and the dynamic scope. This experiment helps to improve students' understanding of the working mode of the dual-channel oscilloscope and their competence in using oscilloscopes.

Key words: transmission property; double-channel oscilloscope; voltage magnification

当小信号作用于差动放大器时, 其输入—输出关系常用放大能力来描述; 当输入信号较大时, 其输入—输出关系常用传输特性来描述。差动放大器的传输特性是指放大器在输入信号的作用下, 输出电压随输入电压变化的规律, 一般用传输特性曲线来表示。

在模拟电路实验中, 若采用基于双踪示波器的传输特性图示法来获取差动放大器的传输特性曲线, 不仅可以直观差动放大器的传输特性, 求出差动放大器的电压放大倍数、动态范围指标, 同时也能够提高学生运用示波器的技术水平。

1 差动放大器典型电路

典型的差动放大器如图1所示。对双端输入/双端输出的差动放大器而言, 产生输入信号 u_i 的信号发生器应对地悬浮(断开信号发生器与测量系统的共地联接: 去掉电源接地线)。在差动放大器中, 由于电路对称, $u_{i1} = -u_{i2} = \frac{1}{2}u_i$, 为了获得差动放大器的传输特性曲线, 以 u_{i1} 代替 u_{i2} 接入示波器 X 通道; 要同时显示 u_{o1} 、 u_{o2} 波形, 应使双踪示波器不仅工作在 $X-Y$ 方式, 而且 Y 通道还应该以双通道方式工作(Y 通道电子开关仍工作在自激振荡状态), 即工作在 $X-Y_A$ 、 Y_B 方式。应注意的是个别双踪示波器不具备 $X-Y_A$ 、 Y_B 工作方式, 另外, 考虑到示波器 X 轴放大器的灵敏度为一固

收稿日期: 2006-04-14

作者简介: 宋卫星(1958—), 男, 河南省孟州市人, 高级实验师
基金项目: 陕西理工学院教育教改基金资助项目(YJG0515)。

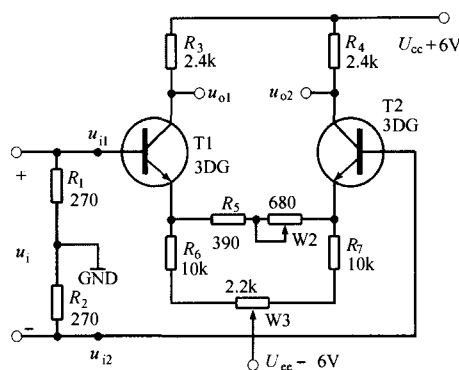


图1 差动放大器典型电路

定常数, 要保证显示图形在 X 轴方向有足够的分辨率, 必须使图形在 X 轴方向有足够的幅度, 为此可将信号发生器的输出信号 u_s 直接输入至示波器 X 轴放大器, u_s 衰减后再输入至差动放大器。测试联接如图 2 所示, 其中虚框部分与放大器输入电阻构成衰减器。

2 测试步骤

采用 COS5020CH 型双踪示波器测试的基本步骤如下。

(1) 接通直流电源, 调整 W_2 使其阻值为 0;

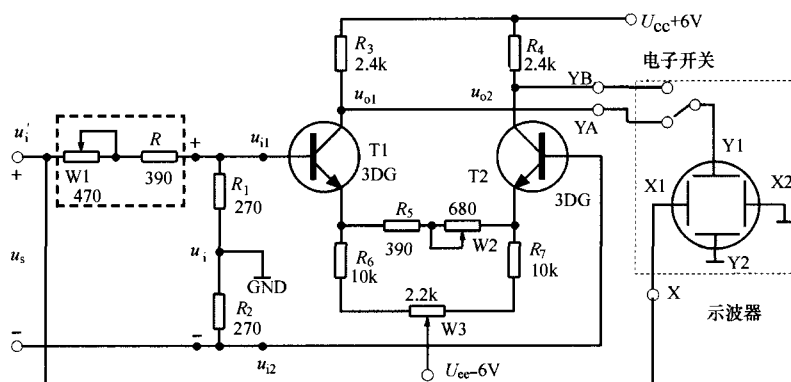


图2 测试联接图

调整 W_3 使 T_1 、 T_2 两管集电极间直流电压为 0。

(2) 将双踪示波器置于 X— Y_A 、 Y_B 工作方式; 扫描速度开关 (T/DIV) 置于 “外” (EXT HOR), 触发源开关 (TRIGGER—SOURCE) 置于 “外” (EXT), 触发耦合方式开关 (TRIGGER—COUPLING) 置于 “直流” (DC), Y 轴方式开关 (VERT MODE) 置于 “断续” (CHOP) (部分双踪示波器可置于 “双踪” (DUAL)), Y 通道输入耦合方式置于 “交流” (AC); Y_A 、 Y_B 探头分别接放大器的输出端 u_{o1} 、 u_{o2} 点, 触发源输入端 (TRIGGER—SOURCE EXT) 接放大器的 u_i' 点; 调整垂直位移及水平位移旋钮使示波器荧屏上两通道静态亮点重合且处在荧屏中心。

(3) 信号发生器对地悬浮, 输出频率为 2 kHz 左右的交流信号 u_s (COS5020CH 型双踪示波器 X 轴放大器灵敏度 $D'_x \approx 87$ mV/Div, u_s 应取 260 mV 左右)。将 u_s 输入至差动放大器后, 再仔细调整其大小, 使示波器所示图形在 X 轴方向的幅度 X_m 为 8 ~ 9 Div。调整 W_1 使放大器输出特性进入双向限幅区, 再调整示波器 Y 通道灵敏度 D_y 使显示图形

的垂直幅度大小合适以便观测。所得差动放大器的传输特性曲线如图 3 (a) 所示。

(4) 用交流毫伏表测出 u_{i1} 值, 则示波器 X 通道的灵敏度为

$$D_x = \frac{2\sqrt{2}u_{i1}}{X_m}.$$

设 Y 通道探头衰减 10 倍, 由图 3 (a) 可知, $\Delta u_{o1} = 10D_y\Delta Y_1$ 、 $\Delta u_{i1} = D_x\Delta X_1$, 则

$$A_{o1} = \frac{\Delta u_{o1}}{\Delta u_{i1}},$$

$$A_{o2} = \frac{\Delta u_{o2}}{\Delta u_{i2}} = -\frac{\Delta u_{o2}}{\Delta u_{i1}}.$$

差模电压放大倍数 A_{id} 和放大器动态范围 u_{opp} 分别为

$$A_{id} = A_{o1} = A_{o2},$$

$$u_{opp} = 10D_y\Delta Y_m.$$

若调整 W_2 使其阻值增大, 得到图 3 (b) 所示的图形。在此, 直接看到了电路参数变化对传输特性的影响。即使需要反复调整、改进, 也可直观、快速地进行测试。

比较图 3 (a)、(b) 可知, W_1 阻值大于 0 时, 传输特性曲线变得平缓, 线性范围相应展宽。这一

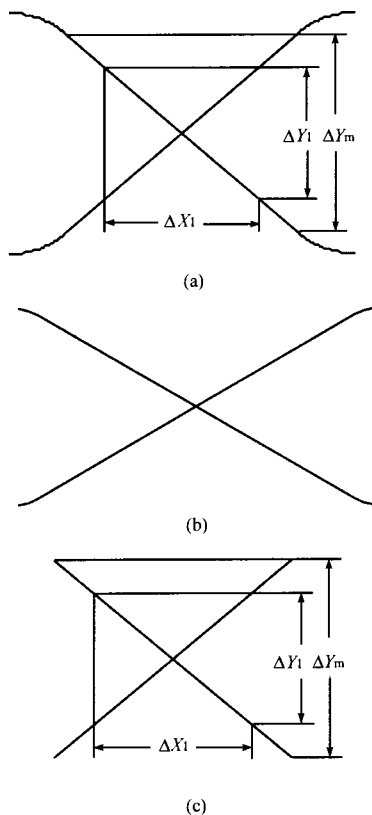


图3 差动放大器传输特性曲线

点可利用负反馈理论来加以说明,从 Δ —Y等效变换可知, W_2 的调整实际上就是2个晶体管射极串联电阻大小的改变, W_2 阻值小(大),射极串联电阻也小(大)。2管各自的射极串联电阻具有电流串联负反馈作用,其阻值越大,负反馈作用越强。负反馈在降低放大器放大倍数的同时,也拓宽了放大器传输特性的线性范围。

为了读数方便,测量放大器的电压放大倍数、动态范围时可以适当地减小输入信号 u_i 。得到图3(c)所示的图形。

3 测试注意事项

测试中,若出现磁滞回线状的传输特性曲线,可能是以下原因引起:一是输入信号的频率并非被测放大器中频段的某一频率。在中频段,被测放大

器的输出信号与输入信号的相位差为0或 π ,当输入信号的频率偏离放大器的中频段过高或过低时,输出信号与输入信号的相位差将产生偏离,这时只要将输入信号频率调整为被测放大器中频段的某一频率,即可得到2条单一曲线图形;二是受带宽所限,示波器的Y或X通道对信号产生了附加相移。这时,输入至示波器X、Y通道的信号在放大处理过程中产生了相移(相位失真),故加在偏转板上的信号并不是被测放大器本身的输入、输出信号。因示波器的Y通道带宽远大于X通道带宽。通常使信号产生相移的主要是X通道,当然Y通道的交流耦合方式也不能完全排除。检验的方法是,将被测放大器的输入信号同时加至示波器X、 Y_A (Y_B)通道,若显示的图形不是单一曲线,说明示波器的信号通道对输入信号产生了附加相移。这时,只需在被测放大器的中频范围内,改变输入信号的频率使示波器荧屏上显示单一曲线图形。示波器通道在放大处理信号的过程中不产生相移,则该频率信号即可供测量用。

对于无X— Y_A 、 Y_B 工作方式的示波器,可利用其X—Y工作方式进行测试,这时示波器荧屏上仅显示2条传输特性曲线中的一条。

利用示波器的Y—T工作方式可以进行时域测量;利用其X—Y方式可以显示任意2个变量之间的关系;利用其X— Y_A 、 Y_B 工作方式(部分示波器无此工作方式)可以显示1个变量与另2个变量之间的关系,这给电子电路传输特性的测量提供了极大的方便。

参考文献 (References):

- [1] 张锡纯,常凤娥,张铁华. 电子示波器及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,1997.
- [2] 康华光. 电子技术基础[M]. 北京:人民教育出版社,1979.
- [3] 童诗白. 模拟电子技术基础[M]. 北京:人民教育出版社,1981.
- [4] 蒋焕文,孙续. 电子测量[M]. 北京:中国计量出版社,1988.
- [5] 叶君平. 电子线路基础实验[M]. 北京:人民教育出版社,1982.

深入推进高水平大学和重点学科建设,继续推进“985工程”二期建设,启动“十一五”“211工程”建设。

摘自 教育部2007年工作要点