

单管放大电路输入电阻测量方法探讨

任静 郭锁利 刘桢 姚鹏

(火箭军工程大学 基础实验与创新实践中心, 陕西 西安 710025)

[摘要] 针对实验室现有的单管放大电路输入电阻测量的问题, 列举了几种最常见的放大器输入电阻测量方法及其在操作中的特点, 并通过具体的实验实施、数据采集, 分析比较了这几种实验方法的可操作性、稳定性和可靠性, 可为具体的实验教学实施提供参考。

[关键词] 输入电阻; 放大器; 实验; 教学

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.07.983

引言

随着工程应用的效益日益突出, 理工科类教学中不断增加与工程应用实际相结合紧密的内容, 对学生的要求日益提高, 电学就是需要理工科类学生掌握的基本课程, 模拟电子技术是电学类课程中最难的一门课, 放大器是其中的核心内容。“放大电路动态参数的测试”一直是学校本科《模拟电子技术实验》课程的一项固定内容, 但是就其中放大电路的输入电阻测量一直是实验中遇到的难题, 学生在实际操作过程中获得的测试数据与理论分析结果总是存在较大偏差。如何缩小测试结果与理论分析的偏差, 选择更合适的测量方法是此类实验要思考的问题, 针对这个问题, 以实验中所运用的分压式偏置共射极放大电路为例, 对放大器的几种输入电阻测量方法进行了探讨分析。

一、现有实验测量方法

放大器输入电阻的大小, 反映放大器消耗前级信号功率的大小, 是放大器的重要指标之一。根据实验中所测的分压式偏置共射极放大电路, 目前, 测试放大电路输入电阻的大小, 过程中主要采用两种办法:

1. 把放大电路看做一个整体, 在放大器的输入回路中串联一个已知电阻 R (一般 R 取值与 R_i 为同一数量级为好), 加入交流信号源后, 在放大器输入端产生一个电压 V_i , 测试原理如图1.1, 在放大器正常工作情况下, 根据输入电阻的定义可得^[1]:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_i}{\frac{V_s - V_i}{R}} = \frac{V_i}{V_s - V_i} \cdot R$$

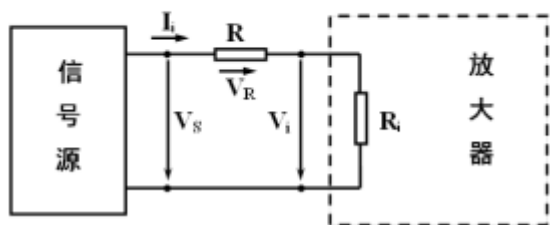


图1.1 输入电阻的测试原理图

这是目前我们学校实验中采用的办法, 需要测量的数据是输入信号源的大小 V_s 和整个放大器输入端信号 V_i 的大小。

2. 用替代法测量输入电阻, 测试原理图如图1.2, 在放大器输入端并联可调电位器 R_p , 先把开关拨到1, 测出1端到地的电压, 然后, 开关拨到2端, 测2端到地的电压, 同时调节电位器 R_p , 使2端的电压与1端的相同, 则 R_p 的阻值即为放大器输入电阻 R_i 的值^[2]。

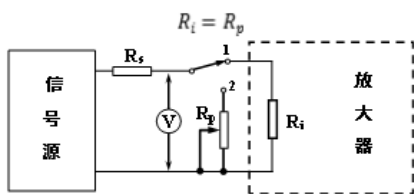


图1.2 用替代法测量 R_i 的原理图

这种替代法也是在实验室中比较常用的实验方法, 只需要测量整个放大器输入端信号 V_i , 串联可调电位器后使得输入信号变为 $\frac{1}{2}V_i$ 时电阻器大小 R_p 就可。

此两种方法都是测量放大电路的输入端电压情况, 实验原理较容易理解, 学生在实验的过程中主要需要关注的就是输入端的情况, 这是其优势。但是在实验教学中, 由于受实验条件的限制, 实验参数的调节范围和实验仪器的精确度也是受限的, 对于观察实验现象的演示与模拟也不充分^[3], 而对于放大电路来说, 首先要确保信号能无失真的放大, 其次实验中所采用的信号源是低频小信号, 一般在几毫伏甚至更小, 若在电路的输入端串联一个已知电阻后, 放大器的输入端电压 V_i 更小, 在实际测量过程中, 小信号很容易被噪声信号干扰, 难以捕捉到有效可用的信号, 给实验带来困难, 数据将会难以测量或者误差很大, 无法准确测算出输入电阻的情况, 这是我们在实际实验中面临的一个严峻挑战。

二、新增实验测量方法

针对现在所采用的输入电阻测量方法的弊端, 对输入电阻的测量方法作出调整, 提出了以下两种改善办法:

1. 可采用隔离法, 即不直接测量输入电压, 而改测放大器的输出电压, 测试原理图如图2.1所示^[4]。闭合开关, 在放大器的输入端提供信号源, 确保信号无失真的放大输出, 此时可以测量输出端电压 V_{o1} , 然后, 断开开关, 在放大器的输入回路中串联一个可调 R_s , 输入信号源保持不变, 再测量此时输出端电压 V_{o2} , 根据放大器输入输出关系可得: $V_o = V_i \cdot A_v$ (A_v 为放大器电压放大倍数)

根据电路回路有:

$$\begin{aligned} \text{开关闭合时, } & \begin{cases} I_{i1} \cdot R_i = V_{i1} \\ I_{i1} \cdot R_i = V_s \end{cases} \quad \text{则} \quad V_s = V_{i1} = \frac{V_{o1}}{A_v} \\ \text{开关断开时, } & \begin{cases} I_{i2} \cdot R_i = V_{i2} \\ I_{i2} \cdot (R_i + R_s) = V_s \end{cases} \quad \text{则} \quad R_i = \frac{V_s}{V_s - V_{i2}} \cdot R_s \end{aligned}$$

$$R_i = \frac{V_{o2}}{V_{o1} - V_{o2}} \cdot R_s$$

最后可得输入电阻为:

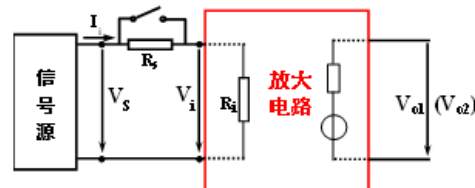


图2.1 用隔离法测量输入电阻 R_i 原理图

这种测量方法不再关注放大电路输入端的情况, 只需要测量开关在不同状态下输出结果就可以, 而且, 此种方法测量点只有一个 U_o , 方法简单易操作, 是一种较为理想的测试方法。

2. 对替代法进行改进, 其测试原理图如图2.2, 闭合开关, 在放大器的输入端提供信号源, 确保信号无失真的放大输出, 此时可以测量输出端电压 V_{o1} , 然后, 断开开关, 在放大器的输入回路中串联一个可调电阻器 R_s , 输入信号源保持不变, 使得此时输出端电压 $V_{o2}=0.5V_{o1}$, 测量得到此时可调电阻器的阻

值即为放大器的输入电阻。

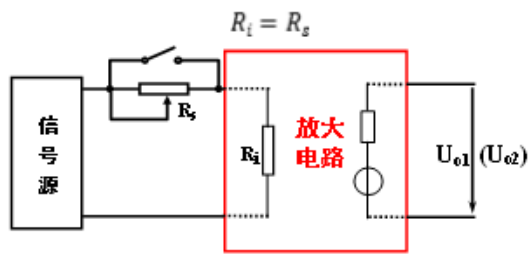


图2.2用新替代法测量 R_i 原理图

这种测量方法的关键在电路的调试和可调电阻器的大小测量，首先无法保证开关断开时输出电压正好是开关闭合时的一半，其次用万用表测量可调电阻器时容易受影响，误差可能会比较大。

此两种方法均是测量放大器的输出端电压情况，实验原理相对复杂，需要学生理解放大器输入与输出之间的关系，但是对于放大电路来说，在实际电路中，几毫伏的小信号被放大百倍以后，测量输出端 U_o 的量程比测输入端 U_i 的量程要大数档，量程大就能减小噪声干扰电压对电路的影响，有利于观察信号和测量数据，相对误差也可能会相应减小，大大降低了实验的难度，提高了实验的可行性和可操作性。

三、数据处理及分析

(一) 实验数据

以分压式偏置共射极放大电路为例，如图3.1所示^[5]。输入交流信号为频率 $f=1\text{kHz}$ 的正弦波，现分别用实验室现采用测量方法和新增测量方法来测量放大器的输入电阻情况，

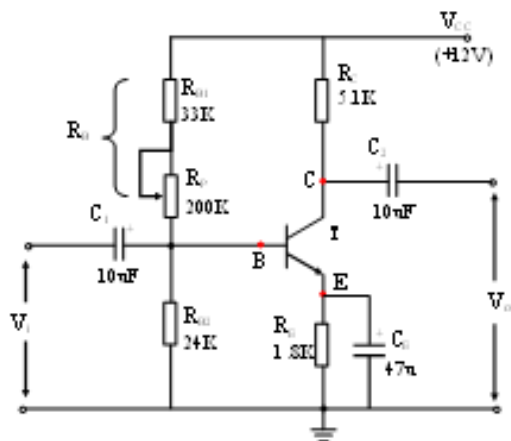


图3.1分压式偏置共射极放大电路

根据此原理图搭建电路，测量仪器使用交流毫伏表和万用表，实际测得静态时数据：

$$R_B = 1.082\text{K}\Omega, R_C = 4.967\text{K}\Omega, R_{B1} = 22.74\text{K}\Omega, R_{B2} = 18.74\text{K}\Omega, R_P = 50.22\text{K}\Omega, V_E = 2.008\text{V}, V_C = 6.514\text{V}, V_B = 2.630\text{V}$$

根据测量数据和理论公式推导可估测放大器输入电阻为：

$$R_i = R_2 // R_{B2} // r_{be} = 5.383\text{K}\Omega$$

采用新增实验测量方法，①接入固定电阻 $R_s=5.1\text{K}$ ，实测 $R_s=5.045\text{K}$ ，此时测得动态数据为表1；②接入可调电阻器 $R_s=10\text{K}$ ，此时测得动态数据为表2。

表1 接固定阻值时情况（隔离法）

输入		输出		测算电阻
V_s (mV _{pp})	V_i (mV _{pp})	V_{o1} (V _{pp})	V_{o2} (V _{pp})	R_i (K Ω)
19.63	9.800	3.761	1.905	5.178
14.74	7.320	2.843	1.432	5.120
0.642	0.293	0.1156	0.05722	4.947
0.290	0.142	0.04838	0.02625	5.984

表2 接可调电阻器时情况（新替代法）

输入		输出		实测电阻
V_s (mV _{pp})	V_i (mV _{pp})	V_{o1} (V _{pp})	V_{o2} (V _{pp})	$R_i=R_s$ (K Ω)
19.65	9.670	3.764	1.882	5.170
14.84	7.230	2.847	1.423	5.139
0.642	0.336	0.1196	0.05980	5.075
0.360	0.288	0.05020	0.02510	8.318

采用现在采用实验测量方法，根据已测得的动态数据，在相同条件下可得到输入电阻情况如表3所示。

表3 现有实验方法下输入电阻情况

表1			表2		
输入		测算电阻	输入		测算电阻
V_s (mV _{pp})	V_i (mV _{pp})	R_i (K Ω)	V_s (mV _{pp})	V_i (mV _{pp})	R_i (K Ω)
19.63	9.800	5.030	19.65	9.670	5.009
14.74	7.320	4.977	14.84	7.230	4.882
0.642	0.293	4.235	0.642	0.336	5.540
0.290	0.142	4.840	0.360	0.288	20.18

(二) 误差分析

以理论估测值 $R_i=5.383\text{K}\Omega$ 为数据参考，对以上各种测量方法所得的测算电阻 R_i 进行误差分析，误差 $\gamma = \frac{\text{测量值} - \text{理论值}}{\text{理论值}} \%$ ，所得误差情况如表4所示。

(三) 结论

根据误差分析结果可得：1) 输入较大信号 ($>5\text{mV}_{pp}$) 时，新增方法和现有方法所测数据误差都在10%以内，其中新增方法更具优越性，误差都在5%以内，数据更具参考性；2) 输入较小信号 ($<0.5\text{mV}_{pp}$) 时，新增方法比现有方法的相对误差更小，而隔离法比替代法所得数据更稳定可靠；3) 总体来看不同输入信号时，新增方法比原有方法更接近理论估测值，拥有更小的误差和更稳定的数据，具体来说，把测量点改为输出端的新增方法比原有方法更容易采集数据，其中新替代法比隔离法更直接简单易操作，但是由于可调电阻器在实际操作中易产生误差从而会导致数据发生较大变化。

现有方法因测量信号太小，在测量时很容易受到噪声等信号的干扰从而出现较大误差，而且仪器设备的精度、灵敏度和操作过程的规范性都会影响最终的测量结果，干扰因素太多。而新增方法测量的信号大，所受影响相对较小，对结果影响不大，测量数据更趋于稳定，可信度更高。

四、结语

本文通过具体数据采集，对比分析现在实验室所采用的实

表4 各类测算输入电阻的误差情况

测量方法	输入端较大信号 V_i (mV _{pp})				输入端较小信号 V_i (mV _{pp})			
	9.800	7.320	9.670	7.230	0.293	0.142	0.336	0.288
隔离法	3.808%	4.886%			8.099%	11.165%		
新替代法			3.957%	4.533%			5.722%	51.523%
现有方法	6.557%	7.542%	6.948%	9.307%	21.326%	10.087%	2.917%	274.884%

验方法和新增考虑采用的实验方法发现：对于单管放大电路来说，输入信号为较小信号时，测量输出情况的新增实验方法较测量输入情况的现有方法可操作性更强，受到干扰影响更小，数据准确性更高，优势明显，可以让学生在实验中广泛运用实践。

参考文献

- [1] 郭锁利. 模拟电子技术实验与仿真[M]. 北京理工大学出版社, 2009.
- [2] 高吉祥. 电子技术基础实验与课程设计[M]. 电子工业出版社, 2009.

[3] 邓子. 基本放大器的复合教学法设计[J]. 重庆文理学院学报(自然科学版). 2012(08), Vol. 31No. 4: 78-80

[4] 余一峰. 放大器输入电阻测试方法的改进[J]. 实验室研究与探索. 1998(02): 36-37

[5] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术基础(第4版)[M]. 高等教育出版社, 2007.

作者简介:

任静(1989.10-), 湖南常德人, 硕士研究生, 实验师, 主要研究方向为电子技术的应用及电学实验教学方面。

(上接第1669页)

还通过营造人与人之间的矛盾冲突, 将戏剧内核层层揭示, 如影片中出现的张长林出售德国“格列宁”假药现场等情节, 既反映着现实的社会百态, 也使一些真实存在的人物形象得以呈现。物质符号的出现, 使观众对于片中人物形象有了天然的认知基础, 正、反面人物也借由这一符号获得转换空间, 角色形象不再固化, “非黑即白”的桎梏得以打破。影片最后, “格列宁”伴随着背景音乐《感恩的心》再次出现, 程勇的“药神”形象真正能够让人信服、引人注目, 在人物关系与行为关系中构建出的扎实的行为根基, 所代表的批判意义、情感意义也就更为深刻。

(三) 法律符号下的人物形象塑造

《我不是药神》的主要矛盾冲突点在于“法”与“情”的对碰, 因此, 法律符号下的人物形象关系着这一内核是否能够精准传达给观众。影片中, 法律符号的呈现与人物形象的塑造大多表现为伴生关系, 譬如, 以曹斌为代表的执法者形象在很大程度上代表着法律符号, 这一人物在追查假药等执法过程中, 所表现出的反应与动作, 直接反映着法律对于犯罪行为的不容态度, 但在此之余, 也通过一些恻动之处来表现对于弱势群体的温情, 传递着法律的温度。透过法律符号, 观众可以窥见, 社会与人性虽存在黑暗之处, 但良知与底线仍然应当存在, 在人物塑造与整体叙事中发挥着重要的结构作用。程勇入狱的最终场景中, 编剧通过对送行病友群体的刻画, 来表达一

种没有超出法律底线范围的最高尊重, 既承认了法律的绝对意义, 也使得人类的恻隐悲悯之心得以寄托。正是基于法律环境这一背景, 小人物形象在世俗社会中的挣扎、求生、牺牲等形态才更鲜活立体, 也更能精准反映出人性的复杂性, 电影的意识形态主题借此得到最集中的阐释。

三、结语

综上所述, 电影艺术作品中, 人物形象的塑造是关键一环, 对于情感、语言、价值观念的传达至关重要。电影《我不是药神》正是透过主角、配角、群像等视角的描摹, 来呈现出不同性格特征、不同价值抉择的人物形态, 使人们能够由这些人物身上窥见大千世界的缩影, 并透过角色的人生来感知其中更深远的意义, 实现“感性体验”与“理性思考”的融合。

参考文献

- [1] 刘婷, 刘行芳. 电影《我不是药神》主角程勇形象塑造再探析[J]. 西部广播电视, 2020(12): 98-99.
- [2] 李建霞. 现实主义电影人物形象塑造的新发展——以《我不是药神》为例[J]. 声屏世界, 2020(09): 43-44.
- [3] 甄月桥, 韩佳琳. 浅析电影《我不是药神》中的现实主义[J]. 汉字文化, 2020(16): 116-117.
- [4] 袁龙. 现实主义题材电影叙事的新形式——以《我不是潘金莲》《我不是药神》为例[J]. 湖南工业大学学报(社会科学版), 2019, 24(01): 101-105.