# 

# 电

# 子

# 线

# 路

# 实

# 验

# 报

# 告

# 学院：电子信息与通信学院

# 班级：电信2005班

# 姓名：张智博

# 学号：U202011950

# 实验时间：2021年11月1日~8日

目录

[一、 实验名称 1](#_Toc87906964)

[二、 实验目的 1](#_Toc87906965)

[三、 实验元器件 1](#_Toc87906966)

[四、 实验任务 1](#_Toc87906967)

[1. MOSFET输出特性曲线仿真 1](#_Toc87906968)

[2. MOSFET转移特性曲线仿真 2](#_Toc87906969)

[3. MOSFET共源放大电路安装、调试及测试。 2](#_Toc87906970)

[五、 实验原理 4](#_Toc87906971)

[1. PSpice的学习与使用 4](#_Toc87906972)

[（1）PSpice的特点 4](#_Toc87906973)

[（2）仿真步骤 4](#_Toc87906974)

[（3）PSpice项目的新建与电路图的绘制 4](#_Toc87906975)

[2. MOSFET共源极放大电路 7](#_Toc87906976)

[六、 实验过程 9](#_Toc87906977)

[1. Pspice仿真 9](#_Toc87906978)

[（1） Bias模式模拟直流静态工作点 9](#_Toc87906979)

[（2） Time模式瞬态分析（时域分析）得到输入输出电压曲线 10](#_Toc87906980)

[（3） AC模式得到幅频特性曲线 10](#_Toc87906981)

[（4） AC模式测量输入阻抗 10](#_Toc87906982)

[（5） AC模式测量输出阻抗 11](#_Toc87906983)

[（6） Time模式观察失真现象 11](#_Toc87906984)

[2. 单极MOSFET共源放大电路插板实验 12](#_Toc87906985)

[（1） 测试静态工作点 13](#_Toc87906986)

[（2） 性能测试 13](#_Toc87906987)

[（3） 失真波形 15](#_Toc87906988)

[七、 实验小结 16](#_Toc87906989)

[八、 实验中出现的问题、分析及解决方案 16](#_Toc87906990)

# 第二次实验：共源放大电路设计、仿真与实现

# 实验名称

共源放大电路设计、仿真与实现。

# 实验目的

1. 了解共源放大电路工作原理。
2. 熟悉pspice 软件使用。
3. 掌握共源放大电路参数调整方法；
4. 掌握共源放大电路的基本原理与参数测量方法
5. 掌握分立元件复杂电路搭建与调试方法；

# 实验元器件

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 型号（参数） | 数量 |
| MOSFET晶体管 | 2N7000 | 1 |
| 电阻 | 1KΩ | 1 |
| 5.1KΩ | 1 |
| 100KΩ | 2 |
| 39 KΩ | 1 |
| 200KΩ | 1 |
| 电容 | 1μF | 1 |
| 4.7μF | 1 |
| 47μF | 1 |

# 实验任务

## MOSFET输出特性曲线仿真

使用OrCAD/Spice分析绘制MOSFET(2N7000)的共源极输出特性曲线。

实验步骤与要求如下。

(1)建立新项目，绘出电路图。

首先新建一个工程项目，然后放置元器件(M2N7000、Vdc、0 (GRD)等)、连线，画出如图 四‑1所示的电路，并在MOSFET的漏极放置电流测试探针。

(2)设置仿真简表。

①新建仿真简表(New Simualation Profile),设置直流扫描分析(DC Sweep)的主扫描(Primary Sweep),扫描变量为VDD,采用线性扫描，由OV开始至8V结束，步进为0.01V。

②设置直流扫描分析(DC Sweep)中的二级扫描(Secondray Sweep), 扫描变量为VGG,采用线性扫描，由1.7V开始至2.05V结束，步进为0.05V。

(3)保存文档、执行仿真(Run)。运行后自动打开结果显示窗，显示输出特性曲线(iD-vDS)。多根曲线对应vGS的间隔为0.05V。

(4)将仿真结果反映至实验报告中。

①选中仿真电路图，复制粘贴到实验报告文档中。

②在结果显示窗中，选择Window\Copy to Clipboard...将曲线复制到剪贴板，期间最好选择“change all colors to black"将所有曲线都变为黑色。然后粘贴至实验报告文档。

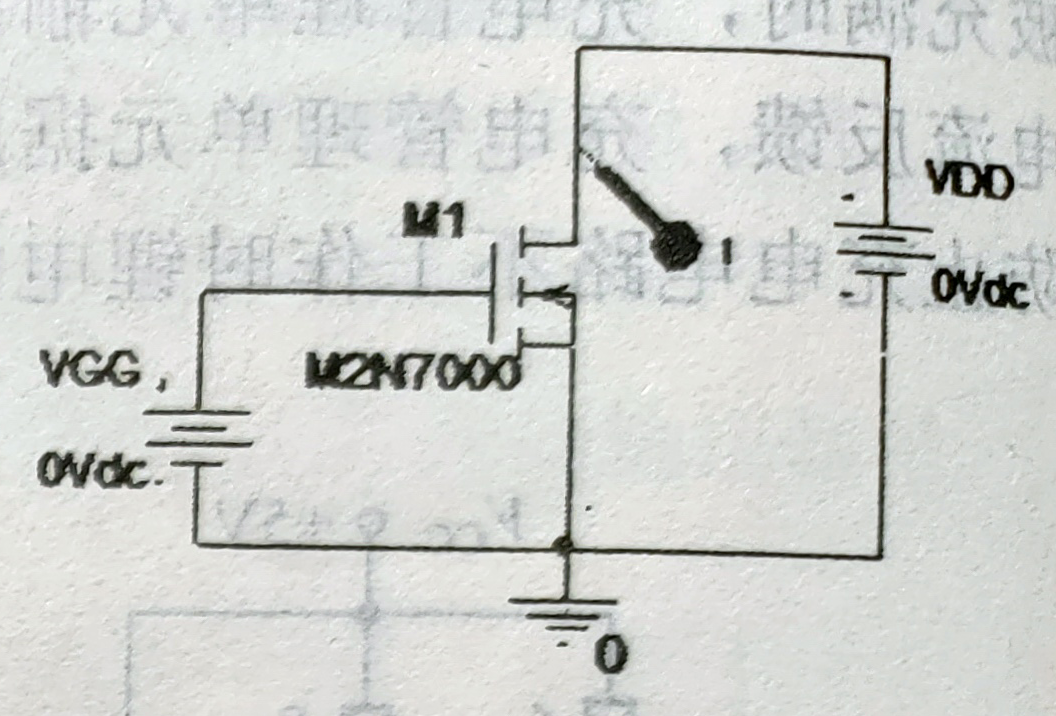


图 四‑1特性曲线仿真电路

## MOSFET转移特性曲线仿真

使用OrCAD/Spice分析绘制MOSFET (2N7000) 的共源极转移特性曲线。

实验步骤与要求如下。

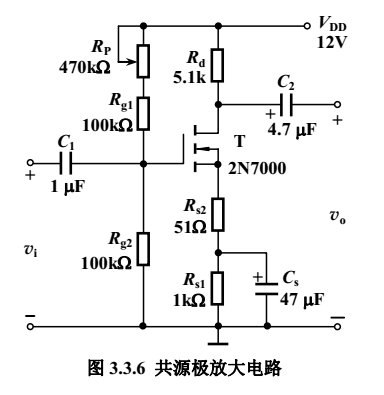
(1)修改电路参数，将VDD电压改为8V。

(2)设置仿真简表。新建仿真简表(New Simulation Pofile),设置直流扫描分析(DC Sweep)的主扫描(Pimary Sweep),扫描变量为VGG,采用线性扫描，由OV开始至4V结束，步进为0.01V。

(3)保存文档、执行仿真(Run)。运行后自动打开结果显示窗，显示转移特性曲线(iD-vGS)。

(4)将仿真结果复制粘贴到实验报告文档中。

## MOSFET共源放大电路安装、调试及测试。



实验步骤与要求如下。

(1)测试电路的静态工作点。

①按照图3.3.6在面包板上组装电路，VDD的12V取自直流稳压电源。安装电阻前先用万用表测试电阻值，填入表3.3.2 相应栏中。检查无误后接通电源。用数字万用表的直流电压挡测量电路的VG(栅极对地电压)、Vs(源极对地电压)和VD(漏极对地电压)，计算静态工作点Q(IDQ、VGSQ、VDSQ)。将结果填入表3.3.2相应栏中。

②关闭电源，将Rg1 改为100KΩ, 检查无误后接通电源，再次测量VG、VS和VD,计算静态工作点Q(IDQ、VGSQ、VDSQ)。将结果填入表3.3.2相应栏中。

③关闭电源，将Rgl恢复为240KΩ,而将Rg2改为33KΩ,检查无误后接通电源，测量VG、VS和VD,计算静态工作点Q(IDQ、VGSQ、VDSQ)。完成表3.3.2的内容。

(2)测试放大电路的输入、输出波形和通带电压增益。

参考上节的图3.2.7， 搭建放大电路实验测试平台。关闭电源，将电阻参数恢复为Rg1=240 KΩ，Rg2= 100 KΩ，检查无误后接通电源。调整信号源，使其输出峰-峰值为30mV、频率为1kHz的正弦波，作为放大电路的vi。分别用示波器的两个通道同时测试vi和vo,在实验报告上定量画出vi和vo。的波形(时间轴上下对齐)，分别测试负载开路和RL=5.1 KΩ两种情况下的vi和vo，完成表3.3.3。

(3)测试放大电路的输入电阻。

采用在输入回路串入已知电阻的方法测量输入电阻。由于MOSFET放大电路的输入电阻较大，所以当测量仪器的输入电阻不够大时，采用如图3.2.8所示的方法可能存在较大误差，改用如图3.3.7所示的测量输出电压的方法更好。R取值尽量与Ri接近(此处可取R=51 KΩ)。信号源仍旧输出峰峰值30mV、1kHz正弦波，用示波器的一个通道始终监视vi波形，用另一个通道先后测量开关S闭合和断开时对应的输出电压vo1和vo2，则输入电阻为

测量过程要保证vo不出现失真现象。

(4)测试放大电路的输出电阻

采用改变负载的方法测试输出电阻。分别测试负载开路输出电压v‘o和接入已知负载RL时的输出电压vo测量过程同样要保证vo不出现失真现象。实际上在表3.3.3 中已得到v‘o和vo则输出电阻为

RL越接近Ro误差越小。

(5)测试放大电路的通频带。

在图3.3.6 中，输入vi为峰-峰值30mV、1kHz的正弦波，用示波器的一个通道始终监视输入波形的峰-峰值，用另一个通道测出输出波形的峰-峰值。保持输入波形峰峰值不变，调节信号源的频率，逐渐提高信号的频率，观测输出波形的幅值变化，并相应适时调节示波器水平轴的扫描速率，保证始终能清晰观测到正常的正弦波。持续提高信号频率，直到输出波形峰-峰值降为1kHz时的0.707倍，此时信号的频率即为上限频率fH，记录该频率:类似地，逐渐降低信号频率，直到输出波形峰峰值降为1kHz时的0.707 倍，此时的频率即为信号频率fL，记录该频率，完成表3.3.4。 要特别注意，测试过程必须时刻监视输入波形峰-峰值，若有变化，需调整信号源的输出幅值，保持vi的峰-峰值始终为30mV。

通频带(带宽)为BW=fH-fL。

(6)使用OrCAD/Spice分析图3.3.6 共源极放大电路，完成实验内容中5项指标的仿真分析，并与实验结果进行比较。

# 实验原理

## PSpice的学习与使用

### （1）PSpice的特点

1.功能强大：AD&AA两大功能模块，涵盖电路仿真的方方面面

2.精度高：模型都由器件生产厂家提供，模型及建模方式多样化

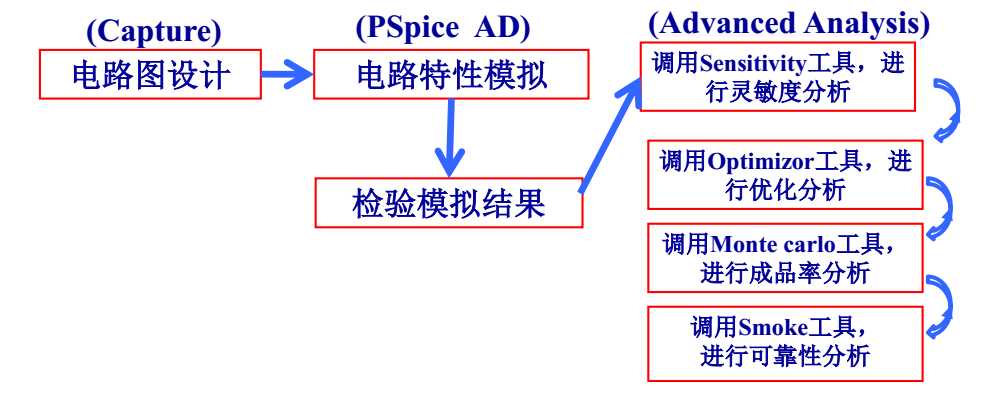
3.数模混合：仿真范围广，数字和模拟电路均可，同时也支持FPGA仿真

4.节约高效：节约产品的研发周期，避免浪费，提升了设计的质量

5.方便易用：丰富的快捷键，友好的使用界面

6.业界标准：Capture绘图及PSpice仿真都成为事实上的业界标准

### （2）仿真步骤



### （3）PSpice项目的新建与电路图的绘制

1、项目新建

执行菜单命令 File | New | Project，弹出如图1－1所示的 New Project对话窗。在该对话窗中进行 3 项设置。

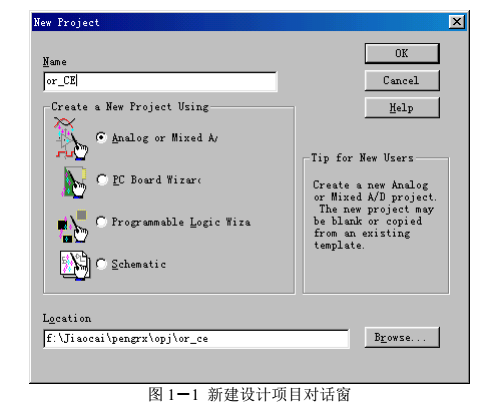
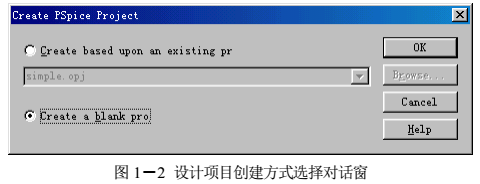
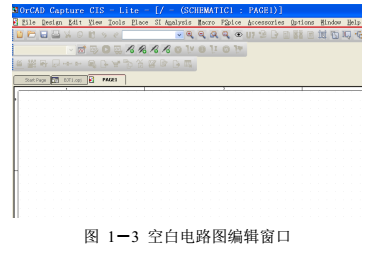
• 定义设计项目名称。在 Name 下的编辑栏中输入项目名称，如 BJT1。

• 选定设计项目类型。在 Create a New Project Using 所列选项中选择一项。其中“Analog or Mixed A/D”为绘制电路图并进行模拟或模数混合仿真；“PCBoard Wizard”为表示项目用于印制电路板设计；“Programmable Logic Wizard”表示新建项目用于 CPLD或 FPGA 设计；“Schematic”表示项目只用于绘制一般的电路图，而不作其他用途。本例应选择“Analog or Mixed A/D”。

• 指定（创建）设计项目路径名。在 Location 编辑栏中输入（或选择）设计项目文档的存放路径（不支持中文路径名）。 强烈建议，新建一个与项目名称相同的名字作为存放项目文档的子目录。如图中最后一级子目录 BJT1。这样可以将每个设计项目的所有文档，都存放在自己的子目录中，而不会造成混乱，便于管理。单击 OK 按钮，关闭 New Project 对话窗，然后屏幕上将弹出图 2－1 所示的Create PSpice Project 对话窗。

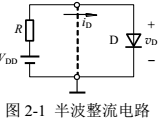
2、选择设计项目的创建方式。

图 1－2 所示的窗口中有两个选项：“Created based upon an Existing project”表示以其下选择框中选定的已有项目为基础，创建新设计项目。此时新项目将继承选定项目的所有属性；“Created a blank project”表示创建一个空白的设计项目。本例选择“Created a blank project”。单击 OK 按钮，关闭 Create PSpice Project 对话窗，新设计项目创建完毕。此时 Capture 将自动打开项目管理器和空白的电路图编辑窗口，如图 1－3 所示。

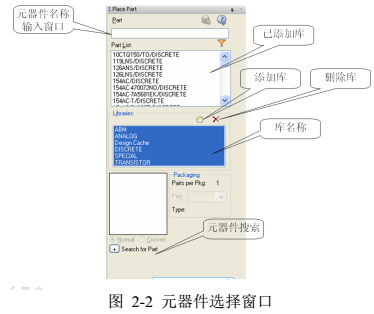
  

2.电路图绘制

例：利用 Place 菜单下的子命令或快捷工具，绘制如图 2-1 所示的半波整流的电路图



打开元器件选择窗口，选择菜单 Place|Part 或相应的快捷工具图标，弹出如图的元器件选择窗口。



选择需要的元器件后，单击 OK 按钮，将需要的元器件放到工作区。（如果知道所用元器件名称，也可直接输入名称）

在元器件列表中选择元器件，并通过右下角显示的符号判断所选器件是否所需，若是，则双击该器件名称。这时该器件出现在绘图工作区。移动鼠标将元器件符号拖到合适的位置。若需要，可用鼠标右键菜单中的 Mirror Horizontally、 Mirror Vertically、或 Rotate 命令，来水平镜像翻转、垂直镜像翻转或旋转符号（也可用 Edit 菜单中的相关子命令来完成）。

单击鼠标左键，将元器件放置在页面上。此时， 器件将出现在原理图页面上。如果需要多个同类元器件，可继续移动鼠标并单击左键放置，它们的标号自动排序。单击右键，选择右键菜单命令 End Mode，结束当前放置元器件操作。

重复以上的步骤。将其它的元器件，如电阻等放置在页面上。

利用 Place | Power 和 Place | Ground 命令或相应的便捷工具图标，放置电  
源端子符号和接地符号。

画线：选择菜单命令 Place | Wire 或相应的便捷工具图标，此时鼠标箭头变成十字。将十字移到元器件引脚端点单击左键，再移到要连接的另一元器件引脚端单击左键，则完成一根连线的连接。注意，连线一定要在引脚端点处连接。画完所有连线。（若应连接的线路交叉点未连上，可用菜单命令 Place | Junction 或相应的便捷工具图标，放置连接结点）单击右键，执行其菜单命令 End Wire，结束画线操作。

为电路重要节点定义节点名（别名）：选择菜单命令 Place | Net Alias 或相应的便捷工具图标，弹出如图 2－6所示的 Place Net Alias 对话窗。在“Alias：”编辑栏中填写节点名。如有必要，可以修改颜色、旋转角度和字号等。本例中输入 Vo。单击 OK 返回。此时，输入的节点名出现在鼠标箭头上。移动鼠标指在需要放置节点名的连线上，单击左键将节点名放置在连线节点上。如将 Vo 放置在 Cb2 和 RL 之间的连线上，表示输出节点。如果没有必要，可以不定义节点名。



编辑修改元器件标号和参数：绘制电路图时， Capture CIS 将自动采用元件的默认参数值，作为当前电路中元件参数值。元器件标号通常也会自动排序。所以绘制完电路图后，经常要修改元器件标号和参数。标号和参数属于元器件的两个属性。除了有源器件的参数外，元器件的属性都可以在它们的属性编辑窗（Property Editor）中编辑修改。具体操作过程是：选中要编辑修改的元器件→执行鼠标右键菜单中的 Edit Properties 命令，打开Property Editor 窗→修改属性 Reference 和 Value 下的值→单击 Apply 按钮→关闭Property Editor 窗。标号和参数便修改完毕。 还有一种更简便的方法：用鼠标双击图中要编辑修改的标号或参数→弹出Display Properties 窗口→修改“Value：”编辑框中的内容→单击 OK 按钮完成修改。

## MOSFET共源极放大电路

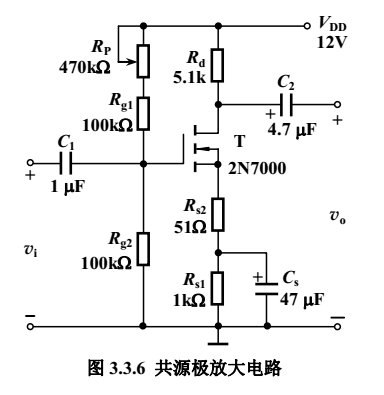


图3.3.6为N沟道增强型MOSFET共源极放大电路，其静态工作点可由式(3.3.3)估算。

动态性能指标可由式(3.3.4)估算。

数据手册通常会给出VTN和某工作点下的gm。对于MOS管2N7000，当ID=200mA时，g’m=100mS,则由(3.3.3)第二式可得Kn=(g’m/2)2/ID=12.5mA/V2。 而(3.3.4)第一式中的gm是电路静态工作点下MOS管的互导，同样由(3.3.2)第二式可得

即

此外VTN在0.8-3V之间，这里取VTN =1.75V。

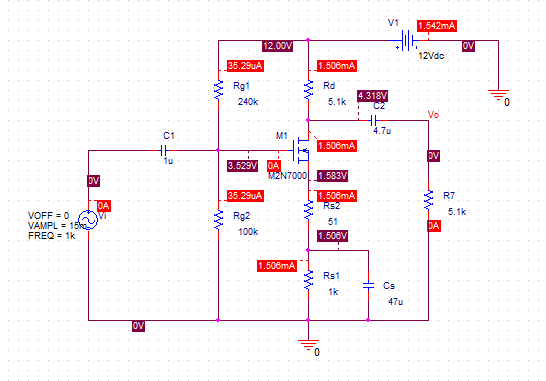
注意：1.设置静态工作点时，调整电位器RP，使VD为5-6V

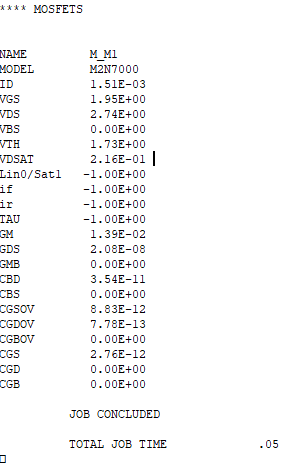
2. 仿真时输出端必须接负载，否则会报错。（可以将阻值设为很大的值，如1T（=1024Ω）来仿真开路情况。）

# 实验过程

## Pspice仿真

### Bias模式模拟直流静态工作点





电路工作在饱和区，符合条件。

静态工作点:

IDQ=1.53mA

VGSQ=1.95V

VDSQ=2.74V

### Time模式瞬态分析（时域分析）得到输入输出电压曲线

**增益：**



### AC模式得到幅频特性曲线

**中频增益：**AV=26.344dB=20.76>10符合要求

**上限频率：**fH=2.5048MHz>100KHz符合要求

**下限频率：**fL=30.96Hz<100Hz符合要求



### AC模式测量输入阻抗

Ri=70.604KΩ>50KΩ符合要求



### AC模式测量输出阻抗

Ro=5.0998KΩ<5.1KΩ符合要求



由上述仿真实验可以得到，该电路符合实验要求。

### Time模式观察失真现象

**饱和失真：**

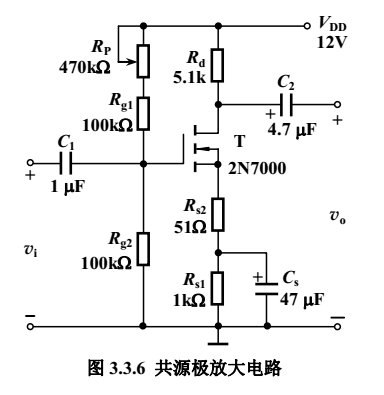


**截止失真：**



## 单极MOSFET共源放大电路插板实验

**电路图如下：**



### 测试静态工作点

连接好电路后，检查无误后接通电源。用数字万用表的直流电压档测量电路的VD(漏极对地电压)，调整电位器RP，使VD为一合适电压。再测出电路的VG(栅极对地电压)和VS(源极对地电压)，填入表3.3.2中，并计算静态工作点Q。

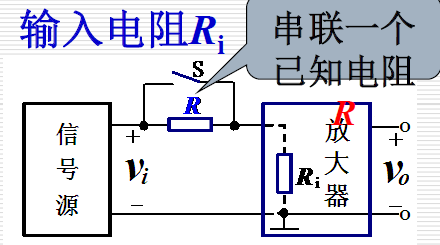
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实测值 | | | 计算值 | | |
| VG/V | VS/V | VD/V | IDQ=VS/RS/mA | VGSQ=VG-VS/V | VDSQ=VD-VS/V |
| 3.520 | 1.800 | 3.360 | 1.742 | 1.720 | 1.560 |
| 实测电阻值 | | Rg1=230KΩ, Rg2=90KΩ, Rd=5.04KΩ, RS=1.033KΩ | | | |

### 性能测试

**输入输出波形和通带电压增益：**

****

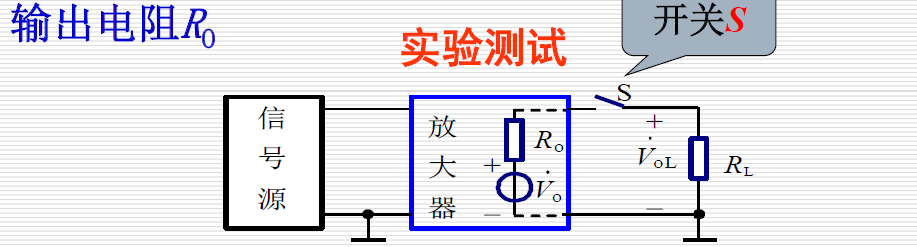
**输入电阻Ri**



图中R取值尽量与Ri接近，用示波器的一个通道始终监视vi波形，另一个通道先后测量开关S闭合和断开时对应的输出电压vo1和vo2，则输入电阻为:



**输出电阻Ro:**



在输出波形不失真情况下，用示波器分别测量负载开路时的输出电压值Vo和接入RL后，负载上的电压值VoL。

****

****

**测试放大电路的通频带：**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f(Hz) | 24 | 40 | 100 | 500 | 1K | 10K | 100K | 430K | 500K |
| Vop-p(mV) | 365 | 392 | 492 | 516 | 516 | 516 | 500 | 365 | 304 |
| 20lg|AV|(dB) | 21.37 | 22.0 | 23.96 | 24.37 | 24.37 | 24.37 | 24.10 | 21.37 | 19.77 |

### 失真波形

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 失真波形 | 实测值 | | | 计算值 | | | 失真类型 |
| VG/V | VS/V | VD/V | IDQ=VS/RS/mA | VGSQ=VG-VS/V | VDSQ=VD-VS/V |
| 上图 | 3.48 | 1.78 | 3.36 | 1.72 | 1.70 | 1.58 | 饱和 |
| 下图 | 1.70 | 0.29 | 10.96 | 0.28 | 1.41 | 10.67 | 截止 |





# 实验小结

这次实验增强了我对MOSFET的理解，亲身学习并调试出了两种失真波形，复习并更好的理解了模电学的知识。并且也了解并简单掌握了PSpice电路仿真的操作方法。