

学子专区— ADALM2000实验: CMOS模拟开关

Doug Mercer, 顾问研究员;
Antoniu Miclaus, 系统应用工程师

目标

本练习的目的是探讨将互补型MOS晶体管用作模拟电压开关。

概念

理想的模拟开关不存在导通电阻, 具有无穷大的关断阻抗和零延时, 可以处理大信号和共模电压。实际使用MOS晶体管构建的模拟开关并不符合这些要求, 但是如果我们了解模拟开关的局限性, 多数也是可以克服的。导通电阻是其中一项局限因素, 本实验活动将尝试表征此开关规格。

材料

- ▶ ADALM2000主动学习模块
- ▶ 无焊面包板
- ▶ 跳线
- ▶ 一个CD4007 CMOS晶体管阵列
- ▶ 两个NPN晶体管 (2N3904或等效器件)
- ▶ 一个4.7 kΩ电阻

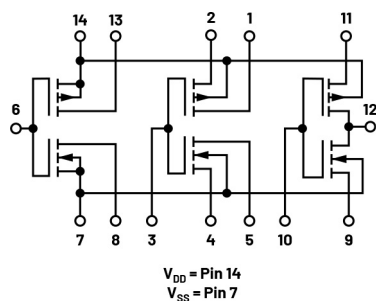


图1. CD4007 CMOS晶体管阵列引脚排列。

NMOS说明

构建图2所示的测试电路。蓝色框表示与ADALM2000上的连接器相连。NMOS和PMOS器件M1及M2均包含在CD4007封装阵列中。所有未使用的引脚可浮空。要测量MOS晶体管的导通电阻(R_{on}), 我们首先需要让已知电流流经电阻, 然后测量电阻两端的电压。两个NPN器件Q1和Q2以及电阻R1将构成电流源, 输出电流约为1 mA。此电流的确切大小并不重要, 因为源极/漏极上的电压在正负电源范围内变动, 我们主要关注MOS器件的 R_{on} 变化。

在第一个测试中, 只有NMOS器件M1导通, PMOS器件M2关断。

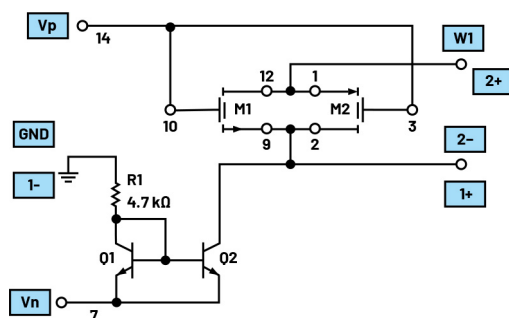


图2. NMOS R_{on} 测试电路。

硬件设置

将图2所示电路连接到面包板。

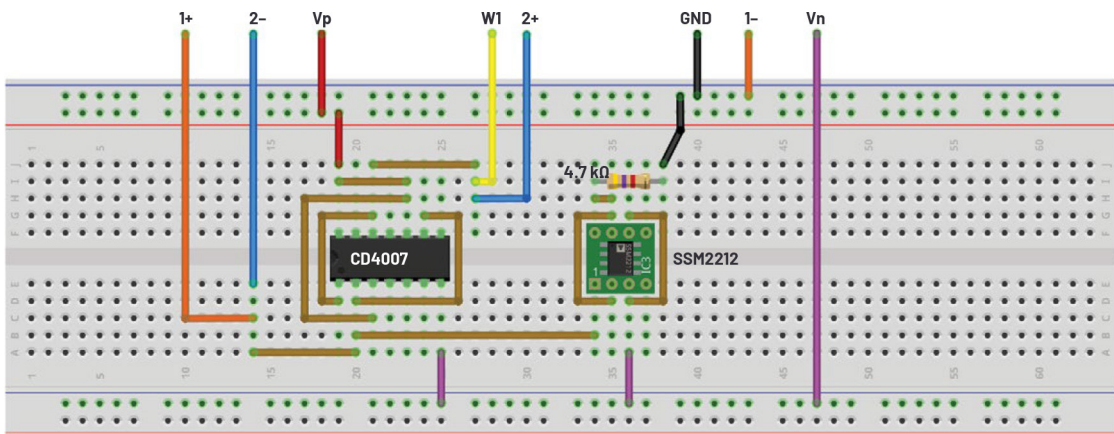


图3. NMOS R_{ON} 测试电路面包板连接。

程序步骤

将波形发生器1配置为生成具有9 V峰值幅度和500 mV失调的100 Hz三角波。这将使NMOS开关晶体管具有+5 V至-4 V的电压摆幅。考虑到NPN电流源Q2，电压摆幅范围不能到-5 V。确保先打开外部用户电源（Vp和Vn），然后运行波形发生器。在XY模式下配置示波器界面，X轴上为通道1，Y轴上为通道2（开关上的电压）。使用数学函数计算电阻($C2 / 1\text{ mA}$)。注意：可通过测量R1两端的电压及其实际电阻来获取更精确的电流源估算值。

配置示波器以捕获所测量的两个信号的多个周期。使用Scopy的XY波形示例如图4所示。

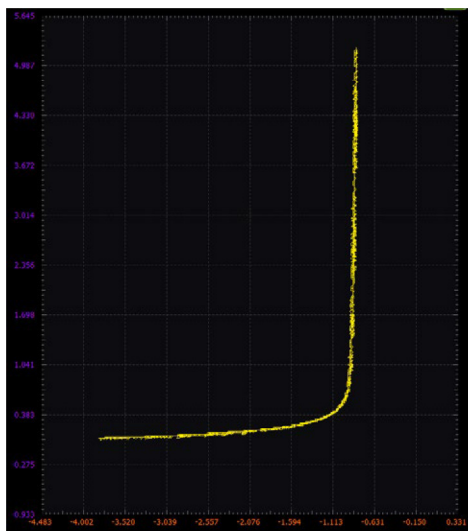


图4. NMOS R_{ON} XY迹线。

PMOS说明

现在，将M1和M2的栅极均连接到负电源Vn，将电路修改为如图5所示。在第二个测试中，只有PMOS器件M2导通，NMOS器件M1关断。

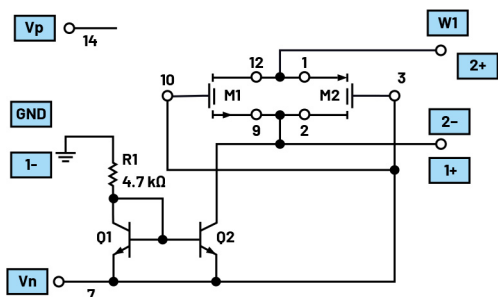


图5. PMOS R_{ON} 测试电路。

硬件设置

将图5所示电路连接到面包板。

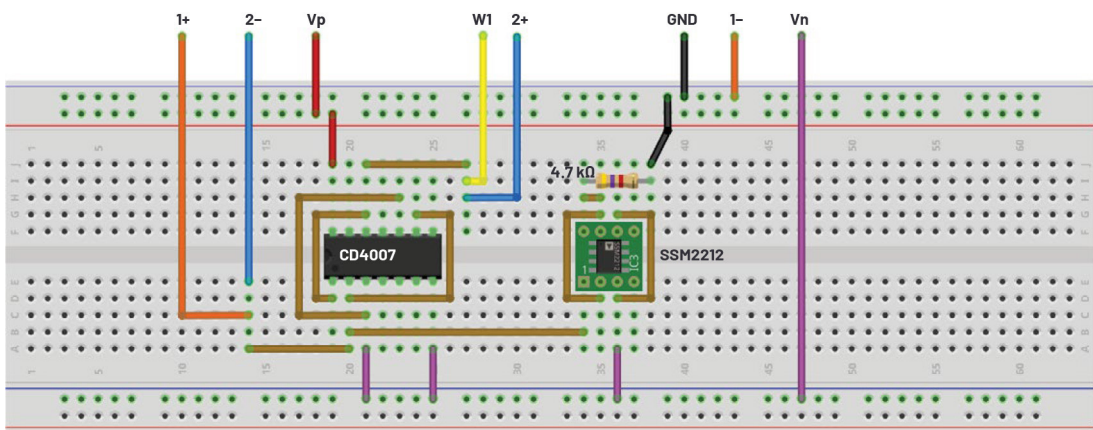


图6. PMOS R_{ON} 测试电路面包板连接。

程序步骤

重复前面部分中的电压扫描，并且仅绘制PMOS晶体管的导通电阻变化图。

配置示波器以捕获所测量的两个信号的多个周期。使用Scopy的XY波形示例如图7所示。

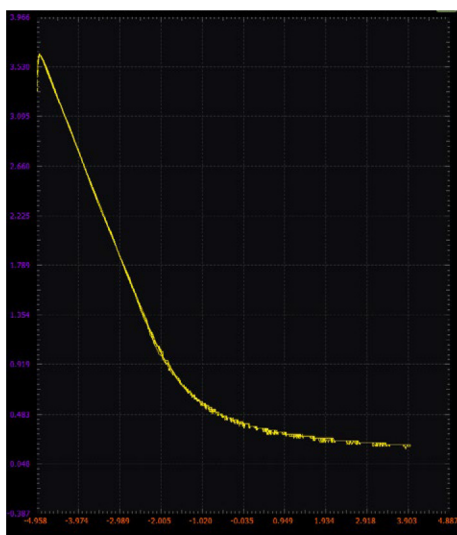


图7. PMOS R_{ON} XY迹线。

CMOS说明

现在，将M1的栅极连接到正电源Vp，将M2的栅极连接到负电源Vn，将电路修改为如图8所示。在最后一个测试中，NMOS器件M1和PMOS器件M2均导通。

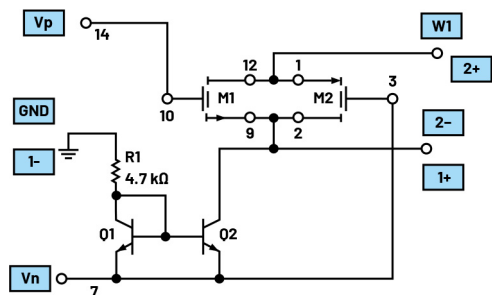


图8. CMOS R_{ON} 测试电路。

硬件设置

将图8所示电路连接到面包板。

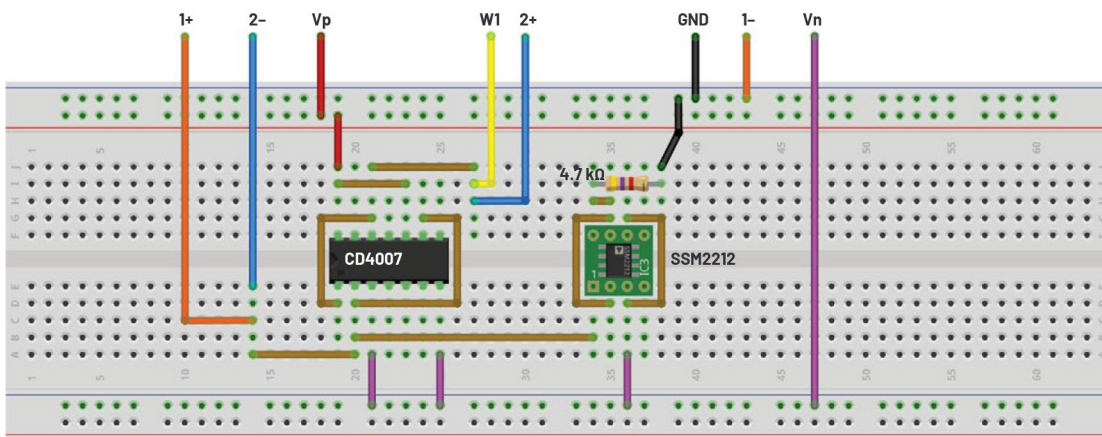


图9. CMOS R_{on} 测试电路面包板连接。

程序步骤

重复前面部分中的电压扫描，并绘制NMOS和PMOS晶体管组合的导通电阻变化图。

配置示波器以捕获所测量的两个信号的多个周期。使用Scopy的XY波形示例如图10所示。

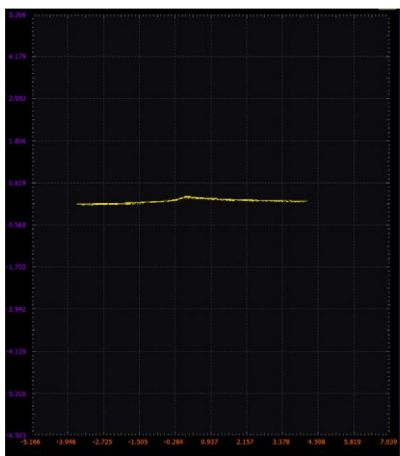
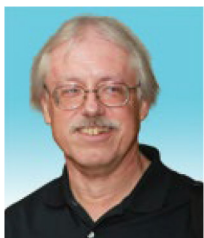


图10. CMOS R_{on} XY迹线。

问题:

- ▶ 对于图2中的电路，NMOS器件关断时的电压为多少？
- ▶ 对于图2中的电路，当NMOS晶体管关断时，漏源电压会怎样？
- ▶ 对于图5中的电路，PMOS器件关断时的电压为多少？
- ▶ 对于图5中的电路，当PMOS晶体管关断时，源漏电压会怎样？

您可以在[学子专区](#)论坛上找到问题答案。



作者简介

Doug Mercer于1977年毕业于伦斯勒理工学院(RPI)，获电子工程学士学位。自1977年加入ADI公司以来，他直接或间接贡献了30多款数据转换器产品，并拥有13项专利。他于1995年被任命为ADI研究员。2009年，他从全职工作转型，并继续以名誉研究员身份担任ADI顾问，为“主动学习计划”撰稿。2016年，他被任命为RPI ECSE系的驻校工程师。联系方式: doug.mercer@analog.com。



作者简介

Antoni Miclaus现为ADI公司的系统应用工程师，从事ADI教学项目工作，同时为Circuits from the Lab®、QA自动化和流程管理开发嵌入式软件。他于2017年2月在罗马尼亚克卢日-纳波卡加盟ADI公司。他目前是贝碧思鲍耶大学软件工程硕士项目的理学硕士生，拥有克卢日-纳波卡科技大学电子与电信工程学士学位。联系方式: antoni.miclaus@analog.com。

