

学子专区 — ADALM2000实验： NMOS用作电流镜

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

目标

本实验的目标是研究增强模式NMOS晶体管用作电流镜的工作原理。

背景

理论上，N型N型金属氧化物半导体(NMOS)电流镜的工作原理与我们在2020年8月份学生专区文章中分析的双极性结型晶体管(BJT) 电流镜相同。两个具有相同栅源电压 (V_{GS}) 的相同晶体管将有相同的漏极电流 I_D 。第二晶体管M2中的电流实际上是第一晶体管M1中电流的镜像。记住MOS晶体管的漏极电流与栅源电压具有如下关系：

$$I_D = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{th})^2 (1 + \lambda V_{DS}) \quad (1)$$

其中， $K = \mu_n C_{ox}/2$ ， λ 可以认为是与工艺技术相关的常数。

根据定义，相同晶体管具有相同的W/L和工艺技术常数。在简单电流镜中，两个晶体管具有相同的 V_{GS} 。因此，两个晶体管将有相同的 I_D 。由于没有电流流入，FET的栅极端子 $I_{IN} = I_{OUT}$ 。

材料

- ADALM2000主动学习模块
- 无焊面包板
- 跳线
- 两个1 kΩ电阻 (阻值尽可能接近或者测量到三位数字或更高精度)
- 两个小信号NMOS晶体管 (ZVN2110A或CD4007 NMOS阵列)
- 一个双通道运算放大器，例如ADTL082
- 两个4.7 μF解耦电容

说明

一种测量电流镜特性的好办法如图1所示。输入电阻R1和输出电阻R2现在都是1 kΩ。务必精确测量R1和R2的实际值，以确保电流镜的输入和输出电流测量结果是精确的。 I_{IN} 等于W1处的W2输出电压除以R1的值。 I_{OUT} 等于示波器通道2测量的电压除以R2的值。二极管连接的M1跨接在M2的栅极和源极端子上。

在电流镜配置中，运算放大器作为电流镜输入节点的虚拟地，将来自W2的电压阶跃转换为通过1 kΩ电阻的电流阶跃。

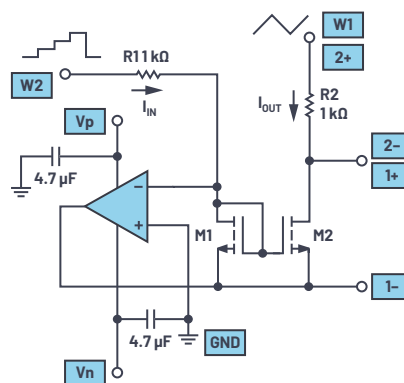


图1. NMOS电流镜测试电路。

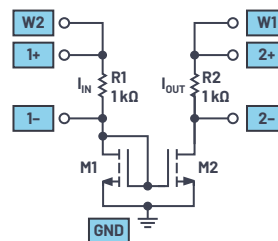


图2. 简化测试配置。

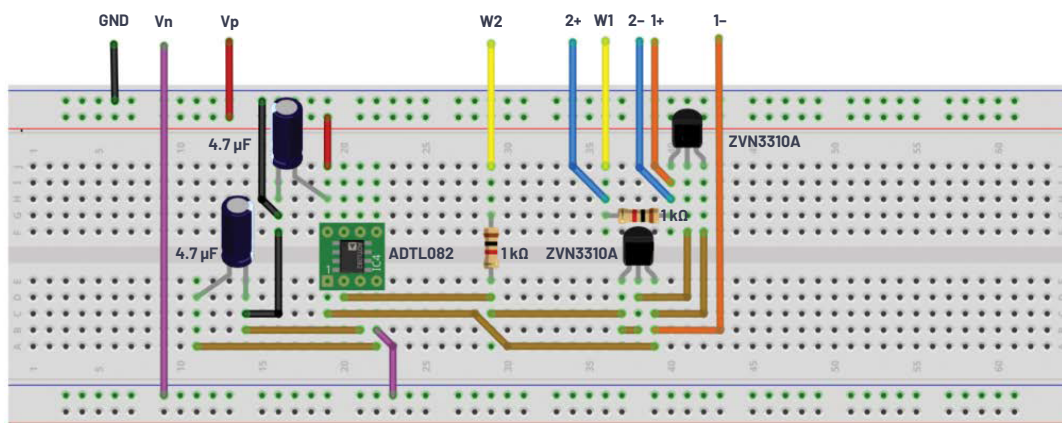


图3. NMOS电流镜测试电路面包板连接。

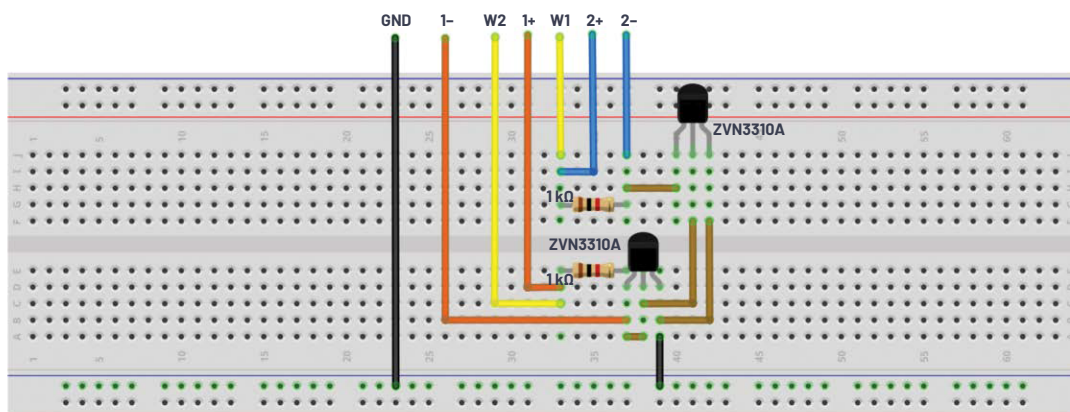


图4. 简化测试配置面包板连接。

硬件设置

加载适用于信号发生器的W2通道的stairstep.csv文件，将幅度设置为3 V p-p，偏置设置为1.5 V。输出器件M2的 V_{DS} 由示波器输入1+和示波器输入1-进行差分测量。电流镜输出电流由1 kΩ电阻R2两端的示波器输入2+和示波器输入2-测量。漏极电压使用来自AWG1（输出W1）、频率为40 Hz的三角波形进行扫描。如果您要使用运算放大器设置，请确保该器件已正确连接至电源Vp (5 V)和Vn (-5 V)。

步骤

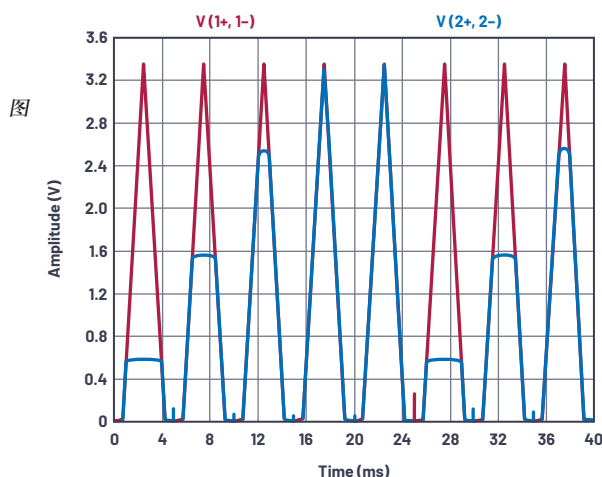
配置示波器以捕获多个周期的输入信号和输出信号。如果您要使用运算放大器配置，确保已开启电源。

使用Scopy工具提供的示波器或通过LTspice®仿真绘制这两个波形。示例如图5和图6所示。



图5. Scopy绘图中的电流镜波形，W2为10 kHz频率。

现在, 将W1的频率更改为200 Hz, 然后绘制两个波形。对相同电路使用LTspice仿真的示例如图6所示。



6. LTspice绘图中的电流镜波形, W1为200 Hz, W2为40 Hz。

在本实验中, 我们通过实验和仿真分析了采用NMOS晶体管的电流镜, 展示了ADALM2000和Scopy应用程序在构建真实电路时的使用。

问题

► 你能说出NMOS电流镜相对于BJT电流镜的优势吗?

您可以在[学子专区博客](#)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

Antoniu Miclaus现为ADI公司系统应用工程师, 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: antoniu.miclaus@analog.com。

