

学子专区— ADALM2000实验： 从三角波生成正弦波

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

目标

本次实验评估的电路利用SSM2212 NPN匹配晶体管对中包含的差分晶体管对的特性, 从一个三角波生成一个近似正弦波。我们知道, 差分晶体管对的跨导定义为:

$$g_m = I_o \tanh \frac{V_{IN}}{2V_T} \quad (1)$$

其中, I_o 为差分对尾电流, V_m 为差分输入电压, V_T 为热电压, 在室温下大约是26 mV。

材料

- ▶ ADALM2000主动学习模块
- ▶ 无焊面包板
- ▶ 跳线
- ▶ 一个10 kΩ电阻
- ▶ 四个4.7 kΩ电阻
- ▶ 一个2.2 kΩ电阻
- ▶ 两个220 Ω电阻
- ▶ 一个390 Ω电阻
- ▶ 一个500 Ω电位计
- ▶ 一个100 pF电容
- ▶ 两个小信号NPN晶体管 (SSM2212 NPN匹配对)
- ▶ 一个运算放大器(OP27)

说明

在无焊面包板上构建图1所示电路。原理图中未显示OP27放大器的+5 V (引脚7) 和-5 V (引脚4) 电源连接, 但要记住连接它们, 否则电路将不工作。

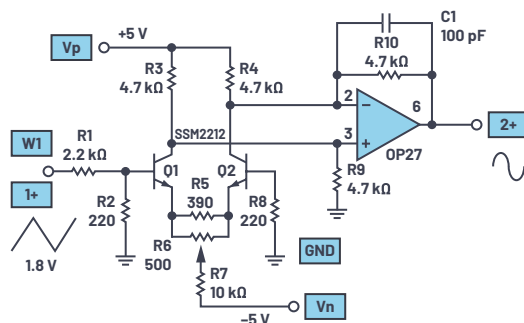


图1. 差分对三角波变正弦波转换器

W1设置如下:

- ▶ 幅度 (峰峰值) = 3.6 V
- ▶ 偏移 = 0 V
- ▶ 频率 = 1 kHz
- ▶ 三角波

调整500Ω电位计R6, 使输出正弦波形实现最佳对称性。使用FFT显示屏并寻找最小偶数阶失真, 可能是测试输出正弦波质量的好办法。可能需要调整输入三角波的幅度和直流偏移, 看看其能否改善输出的奇数阶谐波。

对于本电路, 输出电压近似为:

$$V_o = \frac{R_L I_o \tanh \frac{V_{IN}}{2V_T}}{2} \quad (2)$$

其中 R_L 表示输出上的4.7 kΩ负载电阻。发生2分压的原因是我们仅需要一个单端输出, 而非差分输出。

所以, 输出电压将是输入电压的双曲正切函数。正弦和双曲正切函数的泰勒级数的前几项分别如式3和式4所示。

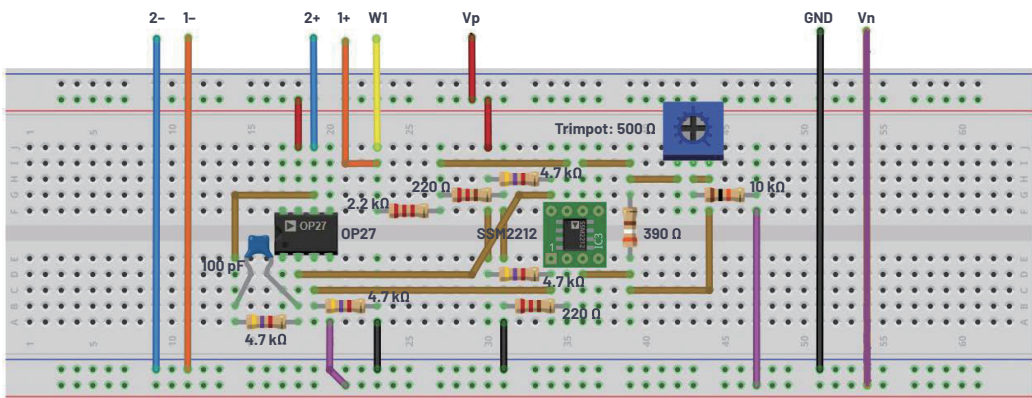


图 2. 差分对三角波变正弦波转换器面包板连接

正弦:

$$x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} \quad (3)$$

双曲正切:

$$x - \frac{x^3}{3} + \frac{2x^5}{15} \quad (4)$$

比较这两个泰勒级数表明，二者均有一阶线性分量。这意味着，如果我们将一个三角波应用于一个具有双曲正切转换函数的差分对并保持较低幅度（大约 $2V_T$ ），则输出应与正弦波几乎无区别。差分对输入端（Q1的基极）的 $2.2\text{ k}\Omega$ 和 $220\text{ }\Omega$ 电阻的作用是衰减来自AW6的三角波信号，使电路在输出失真正弦波尽可能低的范围内工作。

硬件设置

将图1所示电路连接到面包板。

程序步骤

配置示波器以捕获所测量的两个信号的多个周期。使用Scopy的波形示例如图3所示。

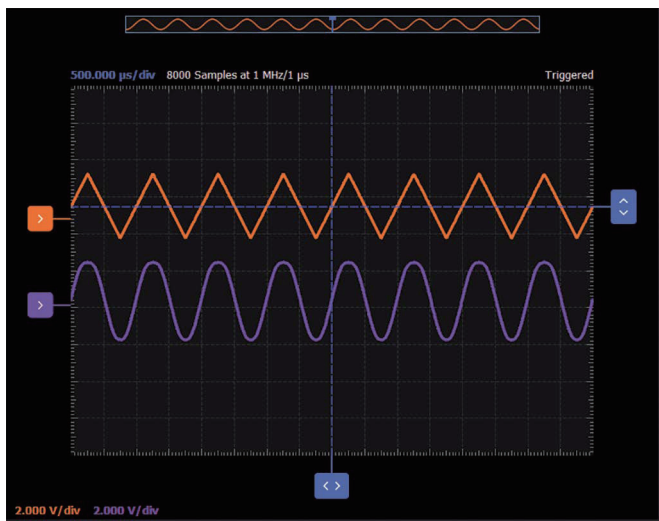


图 3. 差分对三角波变正弦波转换器的 Scopy 波形

三角波发生器

为了制作一个独立的正弦波发生器，我们需要将ADALM2000模块波形发生器替换为三角波发生器。AD654电压频率转换器IC是三角波发生器的基础。AD654的常规输出是集数字方波信号。然而，AD654的内部时序电路使用一个斜坡发生器。此内部斜坡波形是在图4中连接到引脚6和7的外部时序电容上以差分形式提供。我们无法在不干扰AD654内部时序的情况下直接使用此三角波信号。我们可以使用AD8226仪表放大器来缓冲该差分信号并将其转换为单端信号。通过调整该三角波信号的幅度，我们可以利用它来驱动图1中的三角波变正弦波转换器电路。

材料

- ▶ 两个 $1\text{ k}\Omega$ 电阻
- ▶ 一个 $47\text{ k}\Omega$ 电阻
- ▶ 一个 $6.8\text{ k}\Omega$ 电阻
- ▶ 一个 $220\text{ }\Omega$ 电阻
- ▶ 一个 $5\text{ k}\Omega$ 电位计
- ▶ 一个 $0.1\text{ }\mu\text{F}$ 电容
- ▶ 一个 $1\text{ }\mu\text{F}$ 电容
- ▶ 一个红光LED
- ▶ 一个电压频率转换器AD654
- ▶ 一个仪表放大器AD8226
- ▶ 一个小信号NPN晶体管(2N3904)

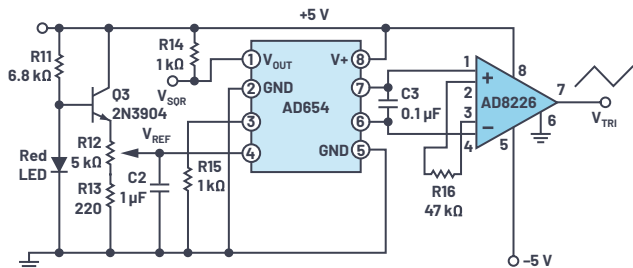


图 4. 电压转频率三角波发生器

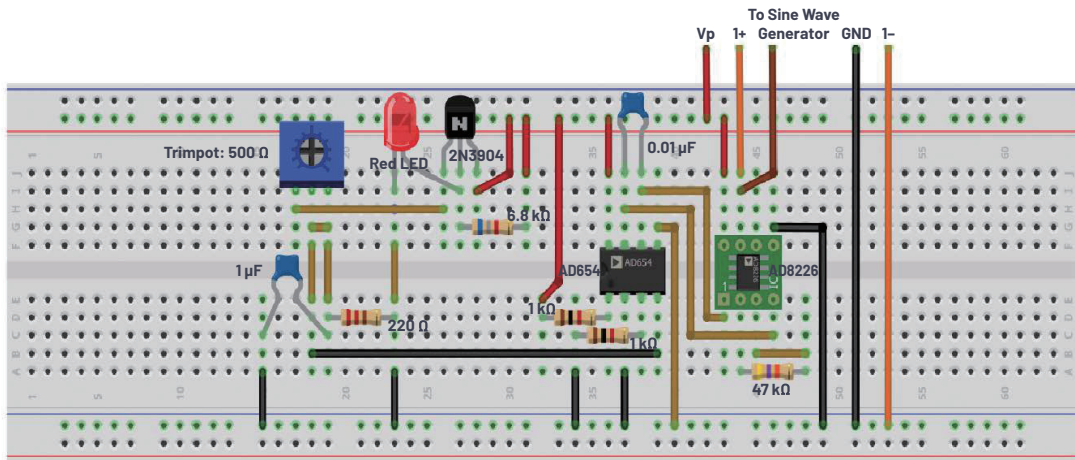


图 5. 电压转频率三角波发生器面包板连接

将AD8226的三角波输出连接到三角波变正弦波转换器的输入时，用5 kΩ电位计代替2.2 kΩ固定电阻R₁以调整信号幅度，实现最优正弦波形。

硬件设置

将图4所示电路连接到面包板。

程序步骤

使用ADALM2000，输出如图6所示。我们可以调整仪表放大器的增益电阻(R₁₆)，使电路输出在仪表放大器电源的范围内。

在图6所示的Scopy波形中，R₁₆为168 kΩ。

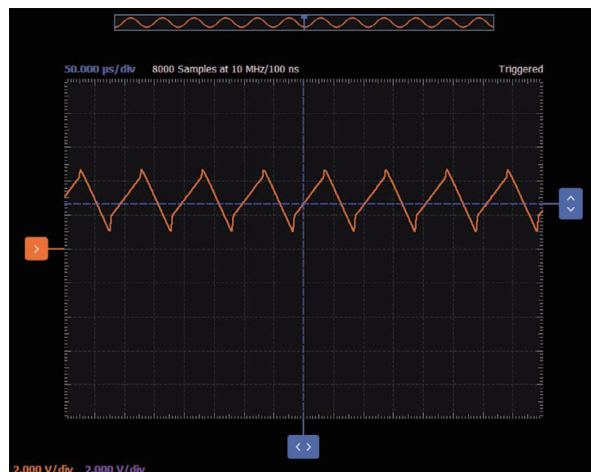


图 6. 电压转频率三角波发生器 Scopy 波形

问题:

- 对于图1中的电路，说明R₆电位计设置为最小/最大电阻值时如何影响输出信号。

您可以在学子专区论坛上找到问题答案: ez.analog.com/studentzone。



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。

