

使用数字电位计的可编程振荡器

作者: Alan Li, 加利福尼亚州圣何塞ADI公司

数字电位计功能广泛, 可用于许多滤波和波形发生应用。本设计介绍一种振荡器, 可通过设置数字电位计的电阻对振荡频率和幅度进行独立编程。图1显示的是典型二极管稳定文氏电桥振荡器, 可用于产生10 k至200 kHz的精确正弦波。

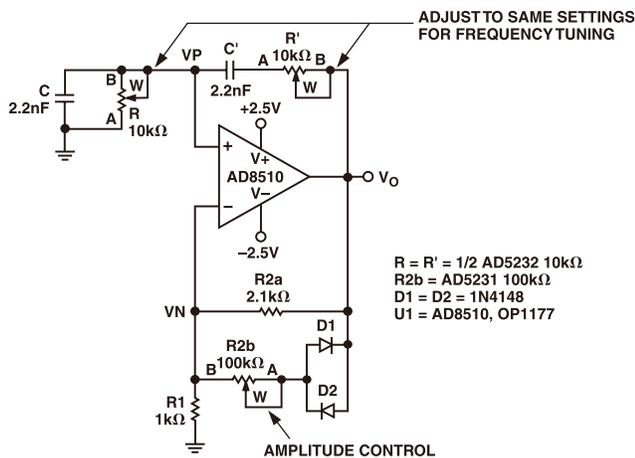


图1: 具有幅度稳定功能的可编程文氏电桥振荡器

此经典振荡器电路中, 文氏网络(R、R'、C、C')提供正反馈, 而R1和R2提供负反馈且 $R2 = R2a || (R2b + RDIODE)$ 。为了建立可持续振荡, 环路增益的相移应为零, 环路增益的幅度应为一。该电路中, 环路增益 $A(j\omega)(j\omega)$ 可通过将放大器增益乘以传递函数 VP/VO 得出。当 $R = R'$ 且 $C = C'$, 环路增益为:

$$A(s)\beta(s) = \frac{1 + R2/R1}{3 + sRC + \frac{1}{sRC}} \quad (1)$$

代入 $s = j\omega$, 变换实数和虚数项, 得到:

$$A(j\omega)\beta(j\omega) = \frac{1 + R2}{3 + j\left(\omega RC - \frac{1}{\omega RC}\right)} \quad (2)$$

由于环路增益相位角度定义为:

$$\text{phase angle} = \arctan\left(\frac{\text{Im}\{A(j\omega)\beta(j\omega)\}}{\text{Re}\{A(j\omega)\beta(j\omega)\}}\right) \quad (3)$$

假设虚数项为零, 从而使相移为零。因此振荡频率变为:

$$\omega_o = \frac{1}{RC} \quad \text{or} \quad f_o = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4)$$

其中R是可编程电阻:

$$R = \frac{256 - D}{256} R_{AB} \quad (5)$$

D是在AD5232内编程的数字码的十进制等效值。RAB是AD5232的端到端电阻。

为了承受振荡, 电桥必须处于平衡状态。如果正反馈过大, 振荡幅度将增加, 直至放大器饱和。如果负反馈过大, 振荡幅度将逐渐衰减。根据公式(2), 响应时环路增益的衰减为3。因此:

$$\frac{R2}{R1} = 2 \quad (6)$$

时电桥可获得平衡。在实际操作中, $R2/R1$ 应设置为稍大于2, 以确保振荡可以开始。另一方面, 二极管的交替开启使得 $R2/R1$ 暂时小于2, 有利于稳定振荡。

一旦确定振荡频率, 可通过R2b独立调谐幅度, 因为:

$$\frac{2}{3}V_o = I_D R2b + V_D \quad (7)$$

R2b可直接短路，以提供约 ± 0.6 V的振荡幅度。另一方面， V_o 、 I_D 和 V_D 是彼此相关的变量。通过正确选择R2b，可达到平衡，以使 V_o 收敛。然而，R2b不应过大，以免输出难以饱和。此电路中，以独立的100 k Ω 数字电位计作为R2b。将电阻设置从最小量程调整至35 k Ω ，便可将振荡幅度从 ± 0.6 V调整至 ± 2.3 V。

最后，使用C和C'为2.2 nF，R和R'设置为8 k Ω 、4 k Ω 和670 Ω 的10 k Ω 双通道数字电位计，可将振荡分别调谐至8.8 kHz、17.6 kHz和102 kHz，且误差为 $\pm 3\%$ (图2)。频率升高会导致误差增加。在200 kHz下，误差达6%。尽管偏离了技术指标，但AD8510在此电路中仍可在 ± 2.5 V下工作。

需要注意的两点：在频率相关应用中，数字电位计的带宽与编程电阻成函数关系。因此，必须小心不要违反带宽限制。另外，图1中的频率调谐要求按相同设置调整R和R'。由于两个通道每次仅可调整一个，会出现一个对某些应用来说不能接受的中间状态。如果发生该问题，可在菊花链模式下使用独立器件，以便按相同设置同时对各个器件进行编程。

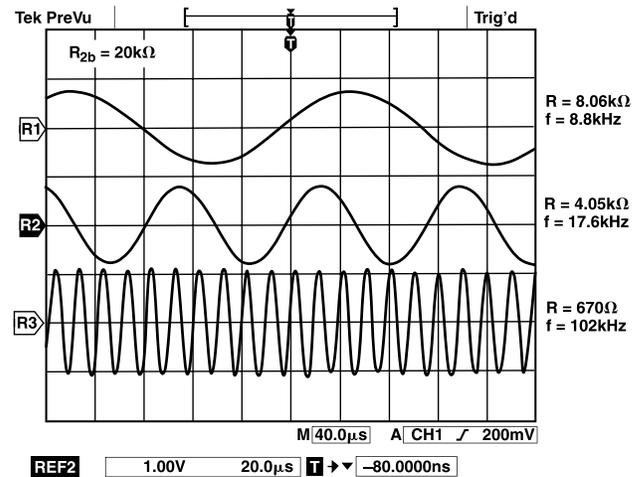


图2：可编程频率

参考文献

1. Sergio Franco, Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits, Second Edition, McGraw- Hill, 1998.
2. Sedra/Smith, Microelectronic Circuits, Fourth Edition, Oxford, 1998.
3. Walter G. Jung, IC Op-Amp Cookbook, Third Edition, Prentice Hall, 1997.