

64-69

15

第18卷第6期
1996年12月武汉汽车工业大学学报
JOURNAL OF WUHAN AUTOMOTIVE POLYTECHNIC UNIVERSITYVol. 18 No. 6
Dec. 1996

TN 811-6

用运算放大器实现低频信号发生器

刘先方

(电子电气工程系)

A

摘要 分析了用运算放大器组成正弦波振荡电路的起振条件和输出电压幅值的调节及选频网络的构成。由此引伸到用运算放大器组成的信号发生器的实际应用,详细分析了稳幅电路的作用和特点。

关键词 运算放大器; 反馈; 选频; 幅值

中图分类号 TN 752

信号发生器 低频信号源

稳幅电路

0 前言

在电子技术模拟电路实验及所需低频信号源的场合,都要用到信号发生器。这里介绍一种用集成运算放大器组成的低频信号发生器,这种信号发生器基本上是以运算放大器为核心,由RC组成的桥式振荡器。经过多年的实践,这种振荡器具有稳定性好、频率可调、调幅范围宽的特点,是一种可靠的信号源。

1 基本电路

用运算放大器组成的基本振荡电路,是由运算放大器和外接元件不同的连接方式所构成的。如图1所示。

该电路采用正、负反馈方式,以提高电路的抗干扰能力,改善非线性畸变,提高输入阻抗,降低输出阻抗等特点,所以得到广泛的应用。

如图1电路所示, Z_1 、 Z_2 是电桥的两臂,两臂的顶点接到运算放大器的同相输入端,由它组成选频网络,同时兼作正反馈电路。 R_0 和 R_f 是电桥的另外两臂,其顶点接到运算放大器的反相输入端,由它满足起振条件,兼作负反馈电路,同时,可作为输出电压的幅值调节。这种电路称为桥式振荡器,或称文氏电桥(Wien-bridge)。

1.1 选频网络

RC串、并联电路中,在 $\omega = \omega_0 = 1/RC$ 时,相频响应的相位角为零。即

$$\varphi_f = 0$$

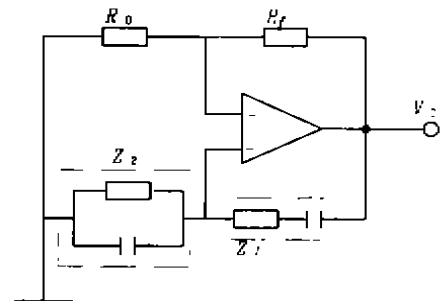


图1 基本振荡电路

稿件收到日期:1995-12-07.

刘先方,男,55岁,工程师,现从事电子技术基础实验。工作单位:武汉汽车工业大学电子电气工程系,武汉,430070.

所以,根据产生振荡的相位平衡条件,可以得到振荡器的振荡频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

1.2 幅值条件

为了满足起振的幅值条件,放大器 A_v 和选频网络 F_v 乘积的绝对值必须大于 1,即

$$|A_v F_v| > 1$$

作为振荡器来说,只有正反馈量超过负反馈量时,才有可能产生自激振荡。因此

$$A_v = 1 + R_f/R_0$$

$$F_v = \frac{1}{3 + j(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega)}$$

由于 $\omega = \omega_0$,所以 $F_v = 1/3$ 。

按照起振条件,要求 A_v 必须大于 3,即

$$A_v = 1 + R_f/R_0 > 3$$

所以要求

$$R_f/R_0 > 2 \text{ 或 } R_f > 2R_0 \tag{1}$$

由式(1)可知,通过调节 R_f 和 R_0 的比例关系,就可以满足起振条件。

2 基本振荡电路的应用

根据基本振荡电路的原理,在实际应用中,对基本振荡电路加以扩充和改进,就可以在电子技术模拟电路实验和所有用到正弦波信号源的场合得到具体应用,如图 2 所示。

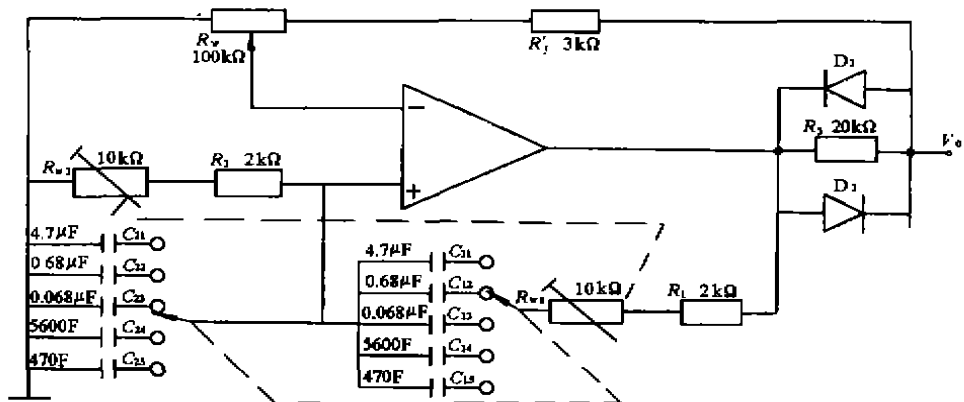


图 2 多频率振荡电路

如图 2 电路所示,在选频网络中,增加了多级电容,用分档开关对电容进行分档使用,作为选频的初调。电阻则采用双联电位器,作为选频的同步微调,使之达到所需要的频率。

在幅值条件中,反馈电阻 R_f 由 R'_f 、 R_w 的一部分与 R_3 和二极管正向电阻的并联值所组成,即

$$R_f = R'_f + R'_w + (R_3 // r_d)$$

式中 R'_o 为 R_o 的一部分电阻值; r_d 为二极管的正向电阻值。

调节 R_o , 除了起到满足起振条件外, 还可以增加或减少负反馈量, 同时兼作输出电压的幅值调节, 使之达到所需要的输出电压。

经过基本振荡电路的扩充和改进, 使信号发生器有很宽的频率调节和幅值调节。

3 稳幅措施

当振荡条件满足后, 振荡器的振幅会不断增大, 直至输出幅度受到运算放大器最大输出电压 V_{opp} 的限制, 而此时的输出波形可能会出现严重的非线性失真。为了克服非线性失真, 可利用二极管或稳压管的非线性特性, 以及场效应管的可变电阻特性来达到自动稳定振荡器的输出振幅。在这里是采用二极管的非线性特性来达到稳幅的目的。

用两只二极管反相并联, 当振荡器的输出幅度在正半周时, D_2 导通; 输出幅度在负半周时, D_1 导通。在小信号工作情况下, 二极管的工作状态将在直流工作点 Q 附近有较小的变动。二极管的微变电阻 r_D 是在二极管特性曲线工作点 Q 附近, 电压的变化量与相应的电流变化量之比。即

$$r_D = \frac{\Delta U_D}{\Delta I_D}$$

它的数值是随着工作点电流的增大而减小。从而, 可以看出, 它的数值是不断变化的。这时的 r_D 叫作二极管在 Q 点处的“动态电阻”。

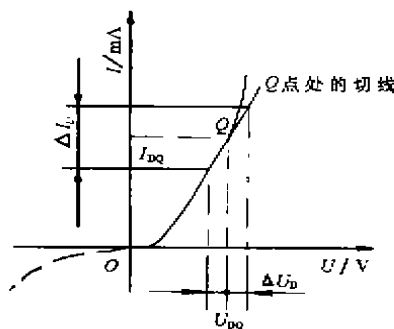


图3 动态电阻 r_D 的几何意义

在运算放大器的输出端, 反相并联两只二极管, 再并联一只电阻 R_3 。当输出振幅较小时, 二极管内的电流较小, 二极管的等效电阻较大。当输出振幅逐渐增大时, 二极管内的电流也随着增大, 而二极管内的电阻则逐渐减小, 因此, R_3 两端的等效电阻 R'_3 则为

$$R'_3 = R_3 // r_d$$

R'_3 将随着振幅的增大而减小, 于是放大器的增益 A_v 也将随着振幅的增大而下降, 从而达到自动稳幅的目的。

由于二极管具有非线性特性, 在一个振荡周期中, 稳幅二极管的正向电阻 r_d , 随输出振幅的瞬时值不断地变化。从平均值来看, 它满足振荡器的振幅条件, 但是, 从一个振荡周期中的某一瞬间来看, 它又不满足振荡器的振幅条件。所以, 这种电路的输出波形总会有一定程度的失真。为了限制二极管的非线性所引起的输出波形失真, 在二极管两端并一个与二极管正向电阻值相接近的电阻 R_3 , 以改善电路的输出波形。在实际应用中, 选取 R_3 的电阻值为 $20 \text{ k}\Omega$ 时, 达到了比较满意的效果。

参 考 文 献

- 1 康华光. 电子技术基础(模拟部分). 北京: 高等教育出版社, 1988.

2 张建华. 模拟电子技术. 北京: 机械工业出版社, 1994.

Application Research on Operational Amplifier

Liu Xianfang

(Department of Electronic and Electric Engineering)

Abstract This paper is involved in the analysis of oscillation starting conditions, output voltage amplitude adjustment, and the frequency selection network composition of sinusoidal wave oscillation circuit. Together, they make up the operational amplifier. Furthermore, a signal generator which consists of an operational amplifier is applied. The function and characteristics of stable amplitude circuits are analysed in detail.

Key words operational amplifier ; feedback ; frequency selection ; amplitude

(本文责任编辑:刘美玲)