

集成运算放大器组成的 RC文氏电桥振荡器实验报告

实验名称:	集成运算放	大器组成的	RC文氏电流	桥振荡器	呈
系 别: _	计算机	_			
实验者姓名	*	廷君			
学号:	372202	232203813			
实验日期: 2024年12月5日					
实验报告第	完成日期:	<u>2024</u> 年	12_月_	11	日

实验九 集成运算放大器组成的 RC 文氏电桥振荡器

一、实验目的

- 1、 掌握产生自激振荡的振幅平衡条件和相位平衡条件。
- 2、 了解文氏电桥振荡器的工作原理及起振条件和稳幅原理。

二、预习要求

- 1、 复习 RC 桥式振荡器的工作原理, 并按实验内容 1 要求, 进行参数的理论计算;
- 2、 根据计算的参数值,对电路进行 EWB 或者PSpice 仿真。列出相关结果。将振荡电路加入 稳幅元件后,再次进行仿真,查看加和不加的区别。
- 3、 熟悉验证振幅平衡条件的实验方法。

三、实验报告要求

- 1、画出实验电路, 标明元件参数;
- 2.列出仿真结果。
- 3、列表整理实验数据。计算验证结果、并与理论值进行比较、分析误差原因;
- 4、说明自动稳幅原理。

四、实验原理

1、 产生自激振荡的条件

所谓振荡器是指在接通电源后,能自动产生所 需的信号的电路,如多歇振荡器、正弦波振荡器等。

当放大器引入正反馈时,电路可能产生自激振荡, 因此,一般振荡器都由放大器和正反馈网络组成。其 框图如图 1 所示。振荡器产生自激震荡必须满足两个 基本条件:

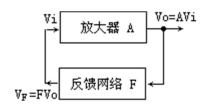


图1 自激振荡器框图

(1) 振幅平衡条件: 反馈信号的振幅应该等于输入信号的幅度, 即:

$$V_F = V_i$$
 或 $|AF| = 1$

(2) 相位平衡条件: 反馈信号与输入信号应同相位, 其相位差应为:

$$\varphi = \varphi_A + \varphi_F = \pm 2n\pi$$
 (n=0, 1, 2·····)

为了振荡器容易起振,要求|AF|>1,即:电源接通时,反馈信号应大于输入信号,电路才能振荡,而当振荡器起振后,电路应能自动调节使反馈信号的振幅应该等于输入信号的幅度,这种自动调节功能称为稳幅功能。电路振荡产生的信号为矩形波信号,这种信号包含着多种谐波分量,故也称为多谐振荡器。为了获得单一频率的正弦信号,要求在正反馈网络具有选频特性,以便从多谐信号中选取所需的正弦信号。本实验采用 RC 串-并联网络作为正反馈的选频网络,其与负反馈的稳幅电路构成一个四臂电桥,如图 3 所示,故又称为文氏电桥振荡器。

2、RC 串-并联网络的选频特性

RC 串-并联网络如图 2(a) 所示, 其电压传输系数为:

$$F_{(+)} = \frac{V_{F(+)}}{Vo} = \frac{\frac{R2}{1+j\omega R2C2}}{R1+\frac{1}{j\omega C1} + \frac{R2}{1+j\omega R2C2}} = \frac{1}{(1+\frac{R1}{R2} + \frac{C2}{C1}) + j(\omega C2R1 - \frac{1}{\omega C1R2})}$$

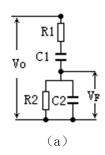
当 R1=R2=R, C1=C2=C 时, 则上式为:

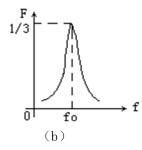
$$F_{(+)} = \frac{1}{3 + j(\omega RC - \frac{1}{\omega RC})}$$

若令上式虚部为零,即得到谐振频率 fo 为: fo= 1

当 f=fo 时,传输系数最大,且相移为 0,即: Fmax=1/3, $\varphi F=0$

传输系数 F 的幅频特性和相频特性如图 2(b)(c) 所示。由此可见,RC 串-并联网络具 有选频特性。对频率 fo 而言, 为了满足振幅平衡条件|AF|=1, 要求放大器|A|=3。为满足相位 平衡条件: $\phi_A + \phi_F = 2n\pi$, 要求放大器为同相放大。





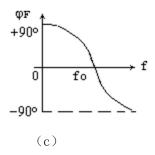


图 2 RC 串-并联网络及幅频、相频特性

3、 自动稳幅

由运算放大器组成的 RC 文氏电桥振荡器原理图如图 3 所示, RC串-并联网络输出接放大器同相端, 构成正反馈, 并具有选频作用。RF和R1分压输出接放大器的反相端,构 成电压串联负反馈,以控制放大器的增益。负反馈系数为:

$$VF(-) = \frac{VF(-)}{Vo} = \frac{R1}{R1 + RF}$$
 在深度逼

$$VF(-) = \frac{V1(-)}{Vo} = \frac{R1}{R1 + RF}$$
 在深度副反馈情况下:
$$AF = \frac{1}{VF(-)} = \frac{R1 + RF}{R1} = 1 + \frac{RF}{R1}$$

运放 RC 文氏电桥振荡器原理图 图 3

因此, 改变 R_F或者 R1 就可以改变放大器的电压增益。

由振荡器起振条件,要求|AF (+) |>1, 当起振后,输出电压幅度将迅速增大,以至进入放 大器的非线性区,造成输出波形产生平顶削波失真现象。为了能够获得良好的正弦波,要求 放大器的增益能自动调节,以便在起振时,有|AF (+) |>1;起振后,有|AF (+) |=1,达到振幅平

衡条件。那么如何能自动地改变放大器的增益呢?由于负反馈放大器的增益完全由反馈系数 $V_{F} \odot$ 决定。因此,若能自动改变 R_{F} 和 R1 的比值,就能自动稳定输出幅度,使波形不失真。

自动稳幅的方法很多,通常可以利用二极管、稳压管和热敏电阻的非线性特征,或场效应管的可变电阻特性来自动地稳定振荡器的幅度。下面以二极管为例说明其稳幅原理。

二极管稳幅原理如图 4 所示,当电路接通电源时,由于设计时令 $R_F>3R1$,则在 fo 点 $V_F>V_I$,满足起振条件,振荡器振荡,由二极管正相特性曲线(如图 5)可见,由于起振时, V_O 较小,二极管两端的电压较小,二极管工作在 Q_I 点则其等效的直流电阻较大;随着振荡器输出电压 V_O 增大,二极管两端的电压较大,二极管由 Q_I 上升到 Q_I 点,则其等效的直流电阻较小;由图 4 可见,二极管 D_I 、 D_I 并联在 R_F 两端,随着 V_O 的逐渐增大, R_D 减少,从而使总的反馈电阻 R_F 减小,负反馈增强,放大器增益下降,达到自动稳幅的目的。

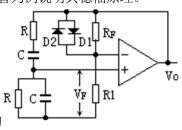


图 4 二极管稳幅原理图

$\begin{array}{c} \uparrow i \\ \downarrow Q2 \\ \downarrow Q1 \end{array}$ V

图 5 二极管特性曲线

三、实验仪器

 1、示波器
 1台

 2、函数信号发生器
 1台

 3、数字万用表
 1台

 4、多功能电路实验箱
 1台

四、实验内容

1、电路分析及参数计算

分析图 6 振荡器电路的工作原理,并进行参数计算。 图 6 电路中,运算放大器和 R_{F1}、R_{F2}及 R_W构成同 相放大器,调整 R_W即可调整放大器的增益; RC 串-并 联网络构成选频网络;选频网络的输出端经 R2、R3 构 成分压电路分压送运算放大器的同相端,构成正反馈, D1、D2 为稳幅二极管。

在不接稳幅二极管时,在谐振频率点,正反馈系数为: $F_{(+)} = \frac{V_{F(+)}}{V_{-}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{R2}{R^2 + R^2}$

而负反馈系数为:

$$F(-) = \frac{Rw}{R_{F1} + R_{F2} + Rw}$$

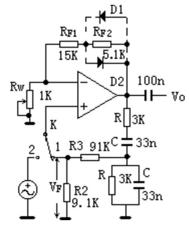


图 6 振荡器实验电路

- (1) 为保证电路能稳定振荡,则要求: F(+)=F(-) 由此,根据电路参数,计算 Rw 的理论值; F(+)=1/3*R2/(R2+R3)=1/3*9.1/(91+9.1) F(-)=Rw/(RF1+RF2+Rw)=Rw/(15+1.5+Rw)
- \pm F (+) =F (-)
- 得 Rw = $0.62815 \text{ k} \Omega$
- (2) 同相放大器的电压增益 AVF = $1+(RF1+RF2)/Rw = 33k\Omega$;
 - (3) 电路的振荡频率 fo = $1/(2 \Pi RC)$ = 1.61 kHz ;

2、振荡器参数测试

- (1) 按图 6 搭接电路,(D1、D2 不接,K 拨向 1)经检查无误后,接通 $\pm 12V$ 电源;
- (2) 调节 Rw,用示波器观察输出波形,在输出为最佳正弦波,测量输出电压 Vp-p; Vp-p=10.63V

(3)

(4) 用李萨茹图形法测量振荡频率:

李萨茹图形测量信号频率方法: 将示波器 CH1 接振荡器输出,CH2 接信号发生器正弦波输出,令示波器工作在"外扫描 X-Y"方式: 当调节信号发生器频率时,若信号发生器频率与振荡器频率相同时,示波器将出现一椭圆;通过此方法可测量未知信号频率。fo=1.542103400kHz

3、振幅平衡条件的验证

在振荡器电路中,调节 Rw,使输出波形为最佳正弦波时,保持 Rw 不变,将开关 K 拨向 2 位置,则,即输入正弦信号(频率为振荡频率,幅度 V=100mV)则电路变为同相放大器,用毫伏表测量 Vi、Vo、 V_A 、 V_F ,填入表 1;

将电路恢复为振荡器(开关 K 拨向 1 位置),调节 Rw,使输出波形略微失真,再将开关拨向 2 位置,电路又变为同相放大器,用毫伏表测量 Vi、Vo、 V_A 、 V_F ,填入表 1;

将电路恢复为振荡器(开关 K 拨向 1 位置),调节 Rw,使输出波形停振,再将开关拨向 2 位置,电路又变为同相放大器,用毫伏表测量 Vi、Vo、 V_A 、 V_F ,填入表 1;

水 1: 水油 7 树东7	丁娅						
工作业士	测量值			测量计算值			
工作状态	Vi (mV)	Vo (V)	$V_A(V)$	$V_F(V)$	A=Vo/Vi	$F_{(+)} = V_F/V_0$	$AF_{\ (+)}$
良好正弦波	100	1.1990	0.3955	0.03595	35.95	0.0300	1.078
略微失真	100	1.2487	0.4087	0.03610	37.44	0.0289	1.082
停 振	100	1.1952	0.3915	0.01842	35.84	0.0154	0.552
良好正弦波时理论	35.36	1.1667	0.3889	0.03540	33.00	0.0303	1.000
值							

表 1: 振幅平衡条件验证

4、观察自动稳幅电路作用

在图 6 基础上,接入稳幅二极管 D1、D2,调节电位器 Rw,观察输出波形的变化情况,测量出输出正弦波电压 Vp-p 的变化范围。

 $177.33 \text{mV}^{\sim} 10.21 \text{V}$

5、在图 6 的基础上,设计一个约从 100-20KHz 频率可调的正弦波发生电路,并对设计的电路进行仿真。

五、实验小结

通过本次实验,我们深入掌握了由集成运算放大器组成的RC文氏电桥振荡器的工作原理与特性。实验过程中,我们成功观测到稳定的正弦波输出,充分验证了文氏电桥振荡器的实际可行性。同时,我们还注意到电阻和电容参数对振荡频率有显著影响,这为后续优化设计提供了重要依据。

此外,通过此次实验,我们显著提升了动手实践能力、电路分析能力以及解决问题的综合能力。未来的学习与实践中,我们将继续深入探索电子技术领域的相关知识,并不断提升自身的综合素质,为更高层次的技术研究与应用打下坚实基础。

