

一种交流恒流源电路的设计

郭玉1 赵顺平2

(1. 安庆师范学院, 物理与电气工程学院 2. 安庆师范学, 院化学系)

摘要: 详细介绍了交流恒流源的工作原理、电路设计及测试数据。测试结果表明该电路在低频较宽频段内能够产生恒定的电流, 且具有大小连续可调, 电路简单, 制作容易等特点。在电子测量众多领域中有广泛的应用。

关键词: 交流; 恒流源; 连续可调

Design of Stable AC Current Power Supply Circuit

Guo Yu1 Zhao ShunPing2

Abstract: This paper introduces the principle, circuit design and testing results of constant current source. The results show that the circuit can get constant current within low frequency band., and it has the characteristic of continuous-tuning current, simple circuit structure and easy facture. It can work widely in many electronic measurement fields.

Key words: Alternating Curren; constant current source; continuous-tuning

0 引言

在许多工程中, 为了抗干扰、提高测量精度或者满足特定要求, 往往需要恒定的电流。而恒流源的设计方法有多种, 最简单的恒流电路是由分立元件组成, 即晶体管恒流源、场效应管恒流源及恒流二极管, 但其电流值有限, 稳定度较差, 电路复杂。鉴于上述不足, 本文主要采用集成器件来设计恒流源电路, 其可用于做电路的基准源、阻抗的测量及电缆电阻的测量等。

1 工作原理

恒流源基本原理如图1所示, 其中 U_i 为输入信号, R_L 为负载。

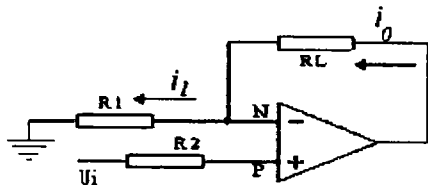


图1 恒流源原理图

图1中, 根据虚短和虚断原理可得:

$$u_N = u_P = u_i \quad (1)$$

$$i_0 = i_1 \quad (2)$$

$$i_0 = \frac{u_i}{R_1} \quad (3)$$

(3)式表明, 输出电流仅与输入信号 U_i 与 R_1 有关, 与负载(在一定范围内)的大小无关, 当电路中 R_1 和 U_i 一定时, 输出电流是恒定的。但上述电路中的负载没有接地点, 在很多场合不适用, 往往采用如下图2所示的电路[1]:

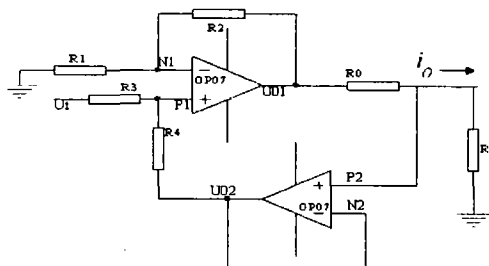


图2 实用电路图

图2中加了一级反馈电路, 即电压跟随级, 这样能够保证输出电流几乎完全流到负载, 使其恒流的效果更好, 并且能更好地稳定电路中的参数。电路中输出与输入的关系推导如下:

$$\text{设: } R_1 = R_2 = R_3 = R_4$$

$$\text{又因: } u_{02} = u_{p2}$$

$$\text{则: } u_{p1} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} u_i + \frac{R_1}{R_3 + R_4} u_{p2} = 0.5u_i + 0.5u_{p2} \quad (4)$$

$$u_{01} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) u_{p1} = 2u_{p1} \quad (5)$$

$$\text{代入上式可得: } u_{01} = u_{p2} + u_i \quad (6)$$

$$\text{根据虚断原则有: } i_0 = \frac{u_{01} - u_{p2}}{R_0} = \frac{u_i}{R_0} \quad (7)$$

由式(7)可知, 当 R_0 (限流电阻)一定时, 输出电流与输入信号具有一定的线性关系, 同样, 与负载(在一定范围内变化)无关。若输入信号 U_i 一定时, I_0 恒定。

2 实用电路设计

根据上述恒流源的原理, 交流恒流源的实用电路如下图3所示:

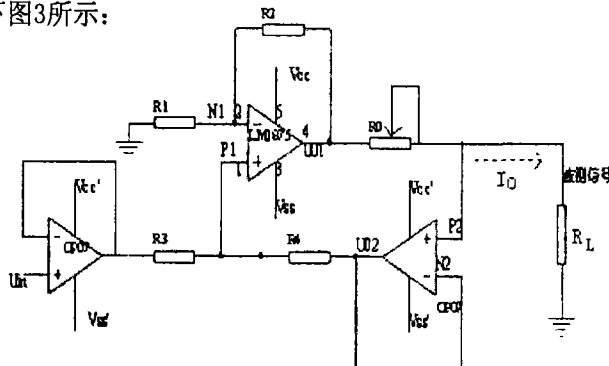


图3 恒流源电路图

为了能够输出较大的电流, 电路中集成功率放大器选用了LM1875, 其失真度小[2], 可以在 $\pm 12V$ 电压下工作, 可输出高达2A的电流; 输入端OP07作跟随级, 提高输入阻抗, 降低输出阻抗, 减少输入信号的失真; 另外, 限流电阻 R_0 需要采用大功率的电阻, 一般为了减少电路中的功耗, 应尽量减小 R_0 。由前面理论分析可知, 通过

改变 U_{in} 和 R_0 ，可以得到连续可变的电流。

3 电路参数测试及结果

根据图3，电路测试参数如下：

(1) 输出电流与输入信号的线性关系

将输入信号（信号发生器产生的正弦波）的频率不变，改变输入信号幅度。输出电流（计算而得）与输入电压的测试数据及曲线图如下：

表1 输入电压与输出电流关系

输入信号 (mV)	10	40	70	100	130	150	200	200
输出电流 (mA)	6.6	16.2	21.8	32	40.2	47	65	96
输入信号 (mV)	300	400	500	600	700	800	900	1000
输出电流 (mA)	130	160	190	218	244	272	300	328

为了更直观地看出输出电流与输入信号的关系，由表1画出二者的曲线图如图4所示：

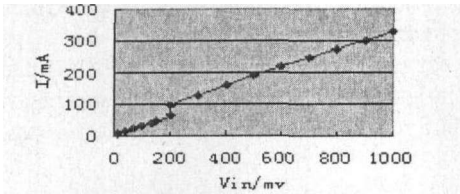


图4 输出电流与输入电压的关系图

从表1和图4可看到，输出电流与输入电压能够较好地呈线性关系，但在200mV处，输出电流具有两个值且差别较大，其原因是毫伏表（指针式毫伏表）在换档前后所产生的误差。为了清楚地看出二者线性关系，毫伏表换档前、后的展开曲线图如图5所示：

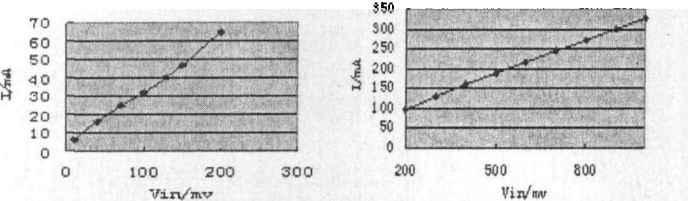


图5(a) $V_{in} < 200\text{mV}$ 时， I_0 与 V_{in} 的关系图 (b) $V_{in} > 200\text{mV}$ 时， I_0 与 V_{in} 的关系图

展开图表明：输出电流与输入电压在整个范围内满足线性关系，符合恒流源的设计要求。但图(a)线性度差些，其原因是指针式毫伏表对小信号读数不够准确，误差较大。

(2) 输出信号的幅频特性

将输入信号的幅度不变，改变其频率的大小，在 R_0 及 R_L 一定条件下，测量负载上的电压。表2和表3是两种情况下的测量数据。

表2 $V_{in}=200\text{mV}$ 时，输出幅度与频率的关系

f/Hz	10	20	50	80	100	200	400	600	800
V_0/mV	139	139	138	136	136	136	137	137	138
f/Hz	1000	2000	3000	4000	5000	6000	10000	13000	14000
V_0/mV	138	137	137	137	135	135	135	135	135

表3 $V_{in}=500\text{mV}$ 时，输出幅度与频率关系

f/Hz	10	20	50	80	100	200	400	600	800
V_0/mV	391	391	390	390	390	390	390	392	392
f/Hz	1000	2000	3000	4000	5000	6000	10000	13000	14000
V_0/mV	392	392	390	390	390	389	389	389	389

从表2、3看出，在很宽频率范围内，输出信号幅度基本一致，其最大误差值为4mV，由于采用模拟指针式仪器，对于小信号读数稍微有误差。若能够采用较精密的仪器测量，进一步减少读数产生的误差，恒流效果会更明显。

4 结论

经实验表明该恒流源电路可输出大小可调的电流，且在低频较宽范围内恒流性能较好；另外，该电路结构简单，成本低，调节方便，是一种比较实用的恒流源电路。

参考文献：

[1] 吴丽华, 童子权, 张剑等. 电子测量电路. 哈尔滨工业出版社, 2006. 6: 67-37
[2] 20W Audio Power Amplifier LM1875.
<http://www.national.com>

作者简介：

郭玉(1979-)，女，河南人，从事于安徽省安庆师范学院教学，专业：电子线路。