

文章编号 :1007 - 649X(2000)03 - 0071 - 02

运算放大器的应用与 T 形电阻网络

段守敏¹, 李小宁², 王 艳¹

(1. 郑州粮食学院机械工程系, 河南 郑州 450052; 2. 郑州工业大学电气信息工程学院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 采用通用运算放大器进行电路测量、放大电路等的设计时, 常常需要较高的放大倍数或按一定的要求调整其放大倍数. 针对实际应用中存在的这些问题, 对 T 形电阻网络在运算放大器电路中的应用进行了实际测试. 根据对试验结果的分析, 得出了两种有实用价值的电路——采用 T 型电阻反馈网络的放大电路和由数字系统控制电压增益的运放电路. 该电路通过模拟开关可以很方便地与数字电路联系起来, 完成显示放大倍数等要求, 是具有一定使用价值的电路.

关键词: 运算放大器; 电阻网络; 平衡电阻
中图分类号: TN 722.7 文献标识码: A

运算放大器作为模拟电路的重要器件, 随着其性能价格比的提高, 已经越来越广泛地应用于信号放大、计算、处理等方面. 而其高放大倍数、高输入电阻等优良特性, 使得人们在使用运算放大器时, 可以按照理想情况进行分析, 再根据实际情况设置平衡电阻, 就可以准确地使用运算放大器.

通用型运算放大器在构成负反馈电路时有 3 种典型的输入形式: 反相输入(见图 1)、同相输入和差动输入. 在理想情况下, 各放大电路的电压增益仅取决于 R_1 和 R_f 等电阻的比值, 与运算放大器自身的参数无关. 当放大电路的电压增益比较大时, 由于运算放大器的输入、输出电阻, 开环放大倍数等参数均不能达到理想情况, 运算放大器内部的不对称情况又会引入失调电压、电流, 而高阻值的电阻稳定性能差, 这样, 放大电路的电压增益就不准确, 也不稳定了. 为了满足特定的要求, 运算放大器电路应在结构上作适当的调整, 平衡电阻也要作相应的调整. 对此, 我们做了一些分析和实验, 得出了一些结论.

1 高电压增益电路

反相输入的运算放大器电路构成电压负反馈电路, 电路的输入电阻基本上等于 R_1 . 因此, 一般电阻 R_1 的取值都比较高, 当放大电路的电压增益较高时, 反馈电阻 R_f 就非常大了, 而阻值很大

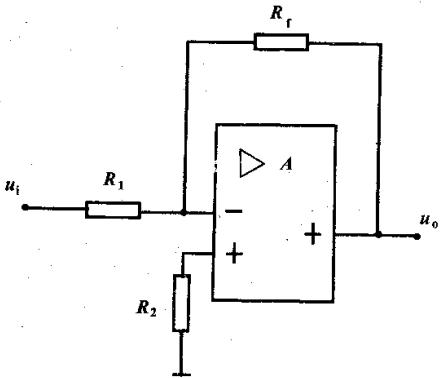


图 1 运算放大器负反馈电路反相输入形式

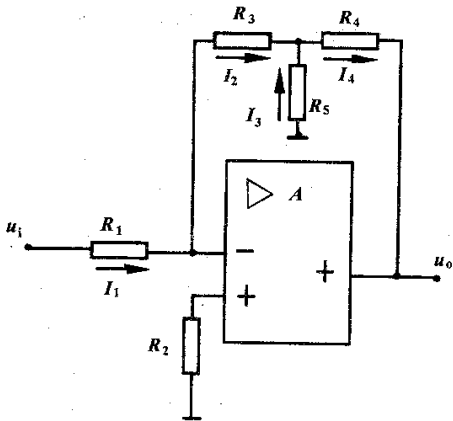


图 2 采用 T 型电阻反馈网络的放大电路
的电阻稳定性不好. 因此, 在电路结构上作一定的

调整,使之既满足电压增益高的要求,又能减少反馈电阻 R_f 的阻值.图 2 所示电路采用 T 形电阻反馈网络,用 R_3, R_4, R_5 3 个电阻构成的 T 形网络代替反馈电阻 R_f .这 3 个电阻 T 的阻值可以较小,分析如下:

$$u_o = -(I_2R_3 + I_4R_4) = -(I_2R_3 + I_2R_4 + I_3R_4) = -(I_2R_3 + I_2R_4 + (I_2R_3/R_5)R_4) =$$

表 1 反馈电阻 R_f 对放大倍数的影响(以 $R_1 = 10\text{ k}\Omega, R_3 = 20\text{ k}\Omega, R_4 = 20\text{ k}\Omega$ 为例)

图 1 电路中 $R_f/\text{K}\Omega$	电压增益的 计算值	电压增益的 测量值	误差/%	图 2 电路中 $R_5/\text{K}\Omega$	电压增益的 计算值	电压增益的 测量值	误差/%
100	10	10.05	< 1	5	12	12.10	< 1
500	51	50.11	< 1	1	44	44.41	< 1
1000	110	102.52	2.5	0.5	88	88.75	< 1
5000	500	522.86	4.6	0.1	440	442.50	< 1

可见,当放大倍数大于 100 时,图 2 所示的 T 型反馈网络放大电路的性能优于普通放大电路.

2 电压增益需要改变时的放大电路

很多情况下放大电路的电压增益需要变化,图 2 电路中的 R_5 电阻变化时,电压增益会随之变化.但是该电路由于引入了 R_5 电阻,负反馈减弱了,因此对运算放大器性能的要求增加了,因此,只有要求电压增益较高(例如大于 100),输入电阻要较高时,才采用图 2 电路.图 3 所示电路利用 T 型电阻网络作运算放大器的 R_1 电阻,利用模拟开关控制作为电压增益的数字信号^[1],输出电压

为: $u_o = \frac{R_f}{R \cdot 2^4}(d_3 \cdot 2^3 + d_2 \cdot 2^2 + d_1 \cdot 2^1 + d_0 \cdot 2^0)u_i$,其电压增益可由数字信号(拨码开关控制的 d_0, d_1, d_2, d_3)控制,该电路的电压增益应比较适中,一般应小于 100,大于 10.

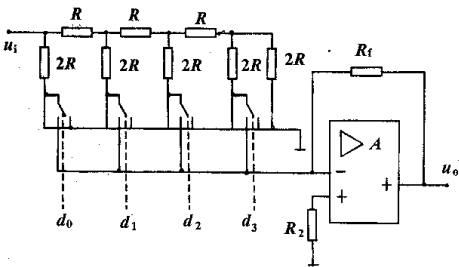


图 3 电压增益由数字信号控制的运算放大器电路

3 运算放大器电路的平衡电阻设置方法

采用通用运算放大器的电路,由于运算放大器本身不可能是理想元件,所以其平衡电阻^[2]的设置对电路的性能有较大的影响,尤其是当外围

$- I_2(R_3 + R_4 + (R_3/R_5)R_4) =$
 $-(u_i/R_1)(R_3 + R_4 + (R_3/R_5)R_4) =$
 $-((R_3 + R_4)/R_1)(1 + ((R_3/R_4)/R_5))u_i,$ 只要电阻 R_5 小于 R_3 和 R_4, R_3 和 R_4 大于 R_1 ,电路就可以得到较大的电压增益,不需要阻值很大的电阻,其测量参数如表 1 所示.

的电阻可变时.以反相输入方式为例,平衡电阻 $R_2 = R_1 // R_f$,电路的输入电阻约等于 R_1 不宜很小.当电路中的电阻变化时平衡电阻应随之变化,则电路的稳定性能很好.但这需要同步控制,实现困难.当 R_f 电阻变化时, R_2 可以选择其中最小的电阻,而此时 R_1 不宜太大;当 R_1 电阻变化时, R_2 则应选择其变化的电阻中最小的一个的阻值,同时, R_f 电阻也不能太大,应取 R_1 变化中的一个适中的值.其测量参数如表 2 所示.

表 2 平衡电阻 R_2 对放大倍数的影响

$R_2/\text{k}\Omega$	d_3	d_2	d_1	d_0	电压增益的 计算值	电压增益的 测量值	误差/%
1	0	0	1	0	12.5	12.57	0.56
	0	1	0	0	25.0	25.16	0.64
	1	0	0	0	50.0	50.49	0.98
	1	1	1	1	93.7	93.79	0.10
10	0	0	1	0	12.5	12.58	0.65
	0	1	0	0	25.0	25.25	1.00
	1	0	0	0	50.0	50.50	1.00
	1	1	1	1	93.7	94.73	1.10
50	0	0	1	0	12.5	12.58	0.65
	0	1	0	0	25.0	25.27	1.10
	1	0	0	0	50.0	50.72	1.45
	1	1	1	1	93.7	95.43	1.85
100	0	0	1	0	12.5	12.62	0.98
	0	1	0	0	25.0	25.30	1.20
	1	0	0	0	50.0	51.00	2.00
	1	1	1	1	93.7	95.67	2.10

4 结束语

采用通用运算放大器进行电路测量、放大等电路的设计时,常常需要较高的放大倍数或按一定的要求调整其放大倍数.利用 T 型网络设置的
(下转 79 页)

运算放大器电路不仅可以满足这些要求,而且通过模拟开关可以很方便地与数字电路联系起来,完成显示放大倍数等要求,是具有一定使用价值的电路。

参考文献:

- [1] 季振山. 电流控制型开关稳压电源[J]. 电子与自动化, 1999(1): 25 - 28.
- [2] 焦永功. 运放外接电阻的设置原则和取值范围的探讨[J]. 南京: 电气电子教学学报, 1999(3): 117 - 119.

Operational Amplifier's Applications and T-shaped Resistance Net

DUAN Shou-min¹, LI Xiao-ning², WANG Yan¹

(1. Department of Mechanics and Electronics Zhengzhou Grain College Zhengzhou 450052, China; 2. College of Electrical & Information Engineering Zhengzhou University of Technology Zhengzhou 450002, China)

Abstract: While designing electronic circuit to measure and amplify, we often want higher voltage amplification factor or change the voltage amplification factor according to certain requirement. Traditional way can not satisfy its requirement. Based on practice the application of T-shaped resistance net in operational amplifier's circuits are analysed. Faced to problems existed in practice, we have a discussion and a aimed test. According to the analysis of testing result, reach the two circuits of having practical value one operational amplifier's circuits feedback network by the T-shaped resistance the others voltage gain be controlled by digital system have been designed. They are easily connected analogue switch with digital circuit and satisfy other requirement. These operational amplifier's circuits have certain worth to use.

Key words: 555定时器; operational amplifier; resistance net; balance resistance