

文章编号: 2095-2163(2020)02-0196-04

中图分类号: TN722

文献标志码: A

一种微小信号放大器电路的设计

秦德乐, 梁蓓, 马奎, 贾明俊

(贵州大学 大数据与信息工程学院, 贵阳 550025)

摘要: 由于微小信号频率较低,且易受到外界噪声干扰的特性,给低频小信号放大器电路的设计带来困难。文中采用 OP1177 放大器来放大微弱小信号,并基于 TLC2652 运算放大器设计了一种用于微弱小信号的放大器电路。本设计的放大电路同时具有较高的输入电阻和较低的输出电阻,并取得了较强的共模抑制作用,可以放大 0~300 Hz 的低电压,且工作稳定,失真度较小。

关键词: 微小信号; 低频; 噪声干扰; 放大器电路; 共模抑制; 失真度

Design of a small signal amplifier circuit

QIN Dele, LIANG Bei, MA Kui, JIA Mingjun

(College of Big Data and Information Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

[Abstract] Due to the low frequency of small signal and the characteristics of being easily disturbed by external noise, the design of low frequency small signal amplifier circuit is difficult. In this paper, OP1177 amplifier is used to amplify weak and small signals, and an amplifier circuit for weak and small signals is designed based on TLC2652 operational amplifier. The amplifier circuit designed in this paper has high input resistance and low output resistance at the same time, and has a strong common mode inhibition effect, which can magnify the low voltage from 0 to 300 Hz, and works stabilities with low distortion degree.

[Key words] tiny signals; low frequency; noise interference; amplifier circuit; common mode rejection; degree of distortion

0 引言

微小信号是指电路系统中信号函数的峰峰值(最大值减去最小值)相对较小的信号^[1-2]。因为微弱的小信号幅度和输入阻抗较低,容易受到背景噪声的干扰等特点,给小信号的检测与分析带来诸多不便,只能使用低输入阻抗的低偏置差分放大电路。目前,众多放大器具有几百微伏或更高的输入偏移电压,温度系数通常约为几微伏,即使偏移电压能够满足零点调整,也难以解决漂移问题^[3-5]。

本文基于 TLC 2652 运算放大器和 OP1177 差分放大器,设计出一种专用于微小信号的放大器电路。首先采用 TLC 2652 运算放大器从环境噪声的角度去解决信号源的问题,从中有效地提取目标信号进行放大,然后使用 OP1177 差分放大器进一步放大获得稳定的增益^[6-9]。

1 TLC 2652 运算放大器

1.1 TLC 2652 简介

TLC 2652^[10] 内部结构如图 1 所示,由 5 个主要

功能单元组成,分别是:主放大器、校零放大器、时钟和开关电路、补偿网络和箝位电路。

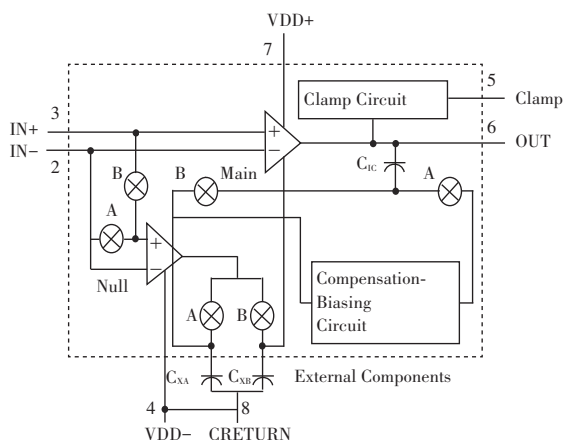


图 1 TLC 2652 内部结构图

Fig. 1 Internal structure diagram of TLC 2652

在图 1 中,主放大器是具有校零功能的三输入运放;校零放大器内部输入为反相;时钟电路用于产生稳定的时钟信号,开关电路用于控制连通和关闭;

基金项目: 贵州省科技重大专项:草海综合整治工程大数据系统集成与示范(黔科合重大专项字[2016]3022号);贵州省科技成果转化项目:可溯源的天然饮用水电子商务系统平台研发(黔科合成果[2017]4856)。

作者简介: 秦德乐(1992-),男,硕士研究生,主要研究方向:电子技术设计;梁蓓(1966-),女,博士,教授,主要研究方向:集成电路设计;马奎(1985-),男,博士,副教授,主要研究方向:集成电路设计、半导体技术;贾明俊(1995-),男,硕士研究生,主要研究方向:逻辑电路设计。

收稿日期: 2019-11-10

补偿网络可以平坦性修复相应结果; 箝位电路可以加速电路过载后的修复。

1.2 TLC 2652 工作原理

TLC2652 的逻辑控制有 2 个时钟周期: 零校周期和放大周期。主放大器与外接电路的输入和输出总是相连在一起的, 但是校零放大器是在 2 个不同的周期内进行自身校零和主放大器校零。

在放大器校零准周期时, 把开关 A 关闭, 把放大器的 2 个输入端短接在一起^[11], 由于放大器本身的反馈作用, 使得校准放大器的偏移量尽量最小化。同时, 偏移的电压会存储在外部的电容器内, 为了保证零校放大器在放大期间内始终保持零校准状态。

当放大器处在放大周期时, 把开关 B 关闭, 把零校准放大器的输出端和主放大器的同相输入端连接在一起^[12], 这样就可以使得主放大器校准调零。同时, 外部存储电容存储零校准电压, 为了保证零校放大器在放大期间内始终保持零校准状态。

在连续不断的零点设定状态下, 则降低了偏移电压和漂移, 这就解决了低频噪声对电路产生的影响。

2 OP1177 差分放大器

2.1 OP1177 简介

OP1177 差分放大器使用了 8 个引脚的贴片封装, 而且 MSOP 和 TSSOP 封装可以通用, 封装性能相同。和同等放大器相比, 特别是贴片装置的精密放大器中, OPX177 型号可以适应最宽的温度^[13-14]。所有同类型的放大器工作温度电压都在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间, 保证了在最恶劣的环境中依然可以正常工作。其封装图如图 2 所示。

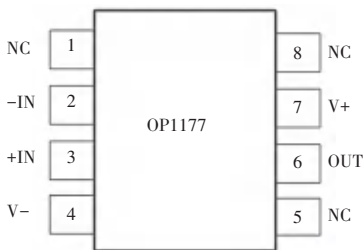


图 2 OP1177 封装图

Fig. 2 OP1177 encapsulation figure

OP1177 放大器具有低失调电压、极低失调电压漂移、低输入偏置电流、低噪声、低供电电流、双电源工作等特点。低失调电压最大为 $60\text{ }\mu\text{V}$; 极低失调电压漂移最大为 $0.7\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$; 低输入偏置电流最大为 2 nA ; 低噪声为 $8\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$; 低供电电流为 $400\text{ }\mu\text{A}/\text{Amp}$; 双电源电压为 $\pm 2.5 \sim \pm 15\text{ V}$ ^[15]; 且其单位增益

稳定, 无反转, 内部保护适用于超过电源电压的输入信号。

2.2 OP1177 工作原理

OP1177 是一款精密的单路放大器, 配备了非常低的偏移电压和温度漂移, 其偏置电流也达到了最低, 还具有低噪声和低功耗的特点。当负载电容超过 $1\text{ }000\text{ pF}$ 时, 电路外部即使没有给予补偿, 但其输出依然保持稳定, 在 30 V 电压时, 放大器的输入电流不高于 $500\text{ }\mu\text{A}$ 。放大器内部串联了 $500\text{ }\Omega$ 的电阻, 目的是为了保护输入信号比电源信号稍高, 这样就保证了信号不反转的情况。

3 总电路设计

本文提出的微小信号放大器电路是由两级放大电路组成, 如图 3 所示。针对受到环境噪声影响的微小信号输入, 第一级通过 2 片高精度 TLC2652 运算放大器进行信号放大, 并且在芯片连续校零的机制下, 使得低频噪声、失调电压及漂移等因素的影响降到最低。第二级在降低噪声影响的信号基础上进一步对低频, 微弱信号进行放大, 使其获得更加稳定的增益。

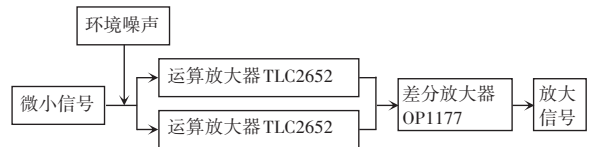


图 3 微小信号放大器电路结构框图

Fig. 3 Circuit diagram of micro signal amplifier

总电路原理图如图 4 所示, 微小信号是由系统自带的函数信号发生器模拟, 信号同时进入 2 片 TLC2652, 因为 TLC2652 的特点是具有较小的失调电压, 由于是共模输出, 2 片 TLC2652 的输出电压相同, 使得噪声干扰被降低, 通过缓冲把较小的偏置电流再通过 OP1177 进行差分放大。C4、C5、C7 和 C8 的作用是作为存储器电容存储偏置电压, 用来进行零校准。C1、C2、C3、C6 和 C9 是电源的滤波电容, 消除电路外界高频信号对电路产生的影响。根据放大器的工作原理, 电路的增益为: $G = (1 + 2 \times 300/2) (100/10) = 3\text{ }010$ 。

4 仿真实验结果

本实验使用 Multisim 仿真软件^[16]构建电路仿真图, 在图 4 微小信号放大器电路原理图的基础上进行仿真测试, 设置输入端微小信号函数发生器的相关参数, 如图 5 所示, 模拟的微小信号采用的是正弦信号波形, 频率为 60 Hz , 占空比为 50% , 振幅为 $10\text{ }\mu\text{V}$ 。

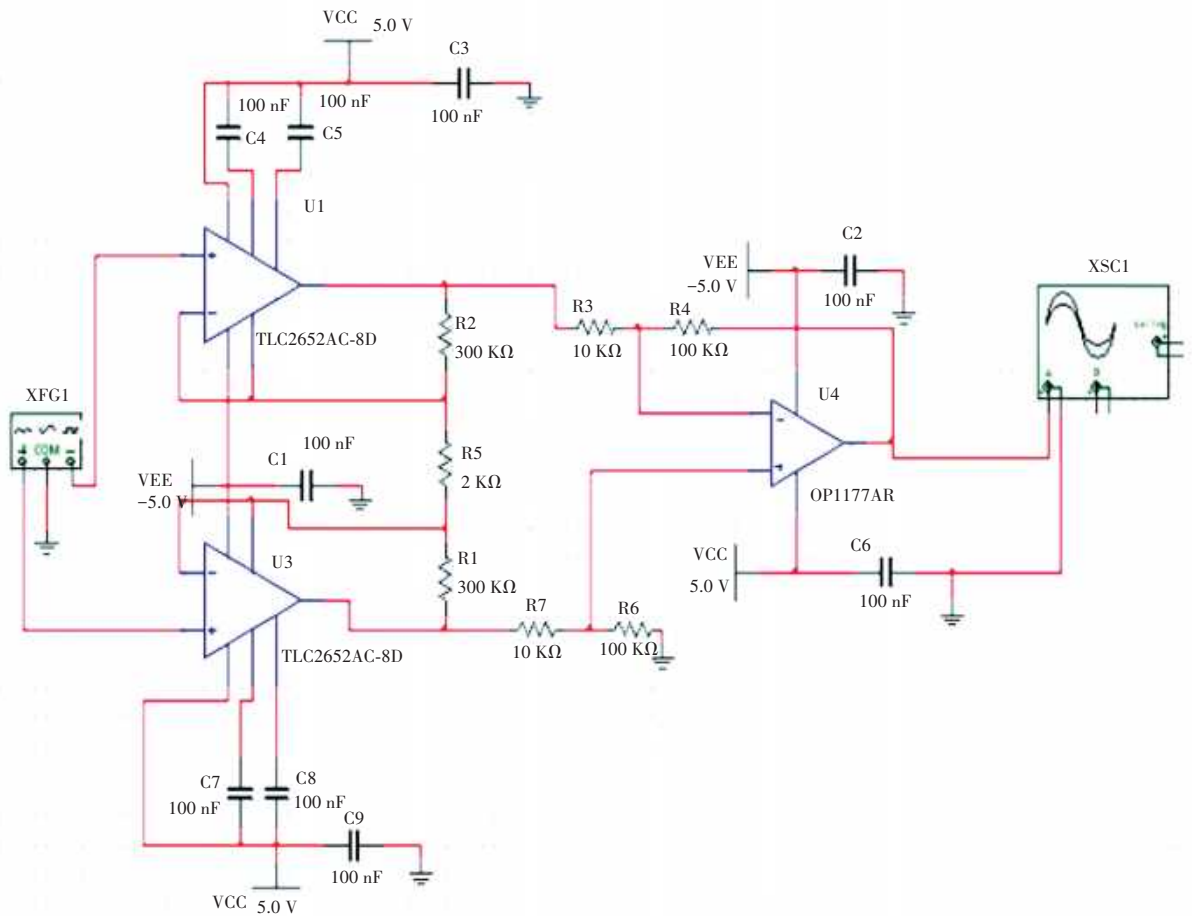


图4 微小信号放大器电路原理图

Fig. 4 Schematic diagram of micro signal amplifier circuit



图5 微小信号函数发生器

Fig. 5 Function generator for micro signal

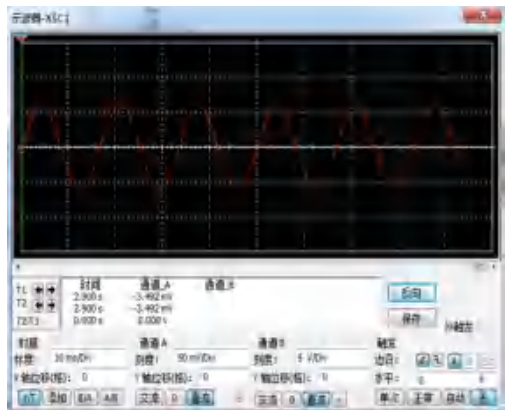


图6 输出信号波形图

Fig. 6 Waveform of the output signal

由电路原理图可知,信号输出端接入检测示波器 A 通道,通过总电路的降噪与两级放大作用后,检测结果如图 6 所示。通过观察仿真实验结果可得,输出波形的振幅为 50 mV,与输入信号参数对比可知,微小信号被相应地放大,且波形无明显失真现象,进一步证明了本文设计的微小信号放大器电路的降噪和放大效果。

5 结束语

由于传感器采集到的微小信号通常为几毫伏的电压信号,且容易被电路元器件噪声和环境噪声所干扰。只有电压增益足够大时才能满足设计要求,而且设计的放大电路自身噪声也要尽可能降到最低。

本设计提出了一种用于低频,微弱信号的放大

器电路,使用 TLC2652 运算放大器和 OP1177 差分放大器,通过两级放大的原理对微小信号进行相应的降噪和放大,并获得较高的电压增益。仿真实验结果表明,该放大电路取得了预期的降噪和放大效果,且无明显失真现象发生,较好地解决了漂移问题。

参考文献

- [1] 程晶晶,孟祥隆,孙豫斌,等. 高温 200℃ 测井仪器微弱电压信号放大电路设计[J]. 仪表技术与传感器,2017(2):40.
- [2] 黄琳,龚治宇,孟祥隆,等. 井下地层流体 NMR 分析仪微弱信号放大电路设计[J]. 仪表技术与传感器,2017(2):27.
- [3] GUO Wei, ZHOU Zheming, CHEN Cheng. Cascaded and parallel stochastic resonance for weak signal detection and its simulation study [C]// Prognostics & System Health Management Conference. Chengdu: IEEE, 2016:1.
- [4] 石苗,吴永仁,管德赛,等. 10~(-4) V 级微弱脉冲信号放大电路设计研究[J]. 国外电子测量技术,2019,38(2):46.
- [5] 闫岩,行鸿彦. 微伏级直流电压信号放大电路设计[J]. 现代电子技术,2017,40(14):149.
- [6] 杨新磊,陈龙,张新亮,等. 超微晶合金磁特性测量高频小信号

- 放大电路设计[J]. 现代电子技术,2017,40(12):183.
- [7] LIU Yanli, ZHANG Rui. AD630 Lock-in amplifier circuit for weak signal[J]. Advanced Materials Research, 2012, 482-484: 975.
- [8] 张慧敏. 基于加速度传感器的微弱信号放大电路设计[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2016,33(3):132.
- [9] 尤啟明,周俊,詹康,等. 高精度弱信号放大电路的设计[J]. 电子测试,2017(15):5.
- [10] 周云艳. 弱信号放大电路的设计[J]. 山西电子技术,2011(6): 11.
- [11] 刘刚,高平,邹剑. Multisim 在漏电开关保护技术设计中的应用[J]. 计算机仿真,2010,27(9):333.
- [12] 滕菲,于兰. 利用 Multisim 软件改进电子电路实验教学研究[J]. 黑龙江科技信息,2010(33):244.
- [13] 赵双,刘云涛. 恒跨导轨对轨 CMOS 运算放大器的设计[J]. 微电子学,2016,46(3):302.
- [14] 薛超耀,韩志超,欧健,等. 一种恒跨导轨对轨 CMOS 运算放大器的设计[J]. 电子科技,2013,26(9):121.
- [15] 李勤. 在《模拟电子技术》课程教学中应用 Multisim 软件[J]. 科技风,2012(4):189.
- [16] 刘健,刘昕,马虎山. 基于 Multisim 的集成运放运算电路仿真实现[J]. 电子世界,2019(12):19.

(上接第 195 页)

表 1 部分三维数据点

Tab. 1 Partial 3D data points

图像点	x 轴	y 轴	z 轴
1	-0.195 6	109.186 1	9.453 9
2	28.317 8	108.182 6	9.714 7
3	45.256 3	107.591 0	9.919 6
4	73.796 1	106.577 7	10.086 1
5	90.849 9	105.944 3	9.883 8
6	-0.410 8	107.368 6	-10.237 1
7	27.717 3	106.394 3	-9.809 7
8	45.179 5	105.709 6	-10.405 6

将得到的三维数据点值以数值矩阵的形式导入 Matlab 中,编程得到三维 N 形线图,如图 5 所示。

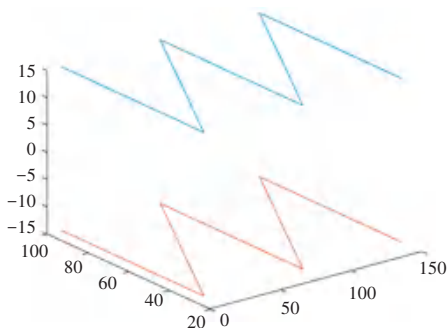


图 5 N 线三维成像图

Fig. 5 N-line 3D image

3 结束语

三维成像结果可以真实再现被测物体的三维面貌,通过人机交互操作,能帮助操作人员明确目标位置,达到检测目的,具有一定的实用价值和应用前景。

参考文献

- [1] DRINKWATER B W, WILCOX P D. Ultrasonic arrays for non-destructive evaluation: A review[J]. NDT&E International, 2006, 39:525.
- [2] SONG S J, SHIN H J, JANG Y H. Development of an ultrasonic phased array system for non-destructive tests of nuclear power plant components[J]. Nuclear Engineering Design, 2002, 214:151.
- [3] 洪涛,潘志方,林立本,等. VTK 医学图像三维重建应用及实现[J]. 计算机系统应用,2011,20(4):127.
- [4] 胡伟. 自由臂超声三维图像快速重建算法研究[D]. 广州:华南理工大学,2013.
- [5] 么晓,陆文华,胡盛斌,等. 珠线式模板在 Freehand 超声图像快速标定中的应用[J]. 机械工程学报,2016,52(22):24.
- [6] ANDRIY M, XUBO S. Point set registration: Coherent point drift[J]. IEEE Transaction on Pattern and Machine Learning, 2010, 32(12):2262.
- [7] 皇甫亚波,杭鲁滨,程武山,等. 基于 LM 算法的机器人运动学标定[J]. 轻工机械,2017,35(4):1.