第3卷 第1期 无锡轻工业学院学报 JOURNAL OF THE WUXI INSTITUTE OF LIGHT INDUSTRY Vol. 3 No. 1 1984

关于微电流放大器的一些探讨

王 晓

摘 要

本文介绍了微电流放大器的广泛应用以及微电流放大器的重要性；本文重点介绍了微电流放大器的工作原理、在设计制造中应加以重点注意的一些关键性问题以及进一步提高性能的途径；本文还分别举出几类微电流放大器，加以比较，以看出本机的优缺点。

随着工农业生产、科学研究、国防技术的日益发展，微电流测量显得十分重要。微电流放大器就是可以将极为微弱的电流经放大、转换成表头读数指示或其他方式指示出来。微电流放大器是十分有用的，加上一定辅助装置，可以派生出许多仪器，如高电阻测量仪、高输入阻抗电压表、等等；采用其结构和电路设计，又可以方便地制造各种仪器，如：pH计、质谱仪、高真空度测量仪和光谱、极谱分析仪等。

微电流放大器的形式有多种多样，有采用静电计管的，有采用特种双极型晶体管的，有采用结型场效应管或绝缘栅场效应管的，还有动电容式的微电流放大器。本机采用绝缘栅MOS场效应管，较静电计管具有漂移小、寿命长、体积小、功耗小等优点，较动电容式微电流放大器具有响应时间快、价廉、结构简单、容易制造等优点，但也存在着一些缺点，如灵敏度在普通条件下不能提得很高，另外MOSFET较易损坏，当然可以采用一些办法避免。

本机的最大特点是所有零部件都用通用零部件而达到了高性能，较之于某些仪器具有漂移小、灵敏度高、不需预热、能够快速测量等优点。

本机性能参数如下：

1. 测量范围：1×10^{-7}～1×10^{-14}(A) 即 100nA～10fA
2. 1(V) 满量程输入端压降约 1×10^{-5}(V)
3. 零点摆动情况：10^{7}～10^{11} (Ω) 档基本无漂移；10^{12} (Ω) 档漂移量≤5(mV)。
4. 最小可分辨电流 1×10^{-14}(A)
5. 漂移情况：≤10(mV)/小时
6. 响应时间：10^{12}(Ω) 档时 ≤1 (秒)，其他各档为表头响应时间。
7. 准确度：表头为1.5级，高阻误差10%（在要求需高时，可以用精密高阻，误差≤1%）
8. 功率消耗：仅线路部分时可小于900(mW)，整机功耗不大于5(W)。

本文收到日期 1984 年 1 月 16 日

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

工　作　原　理

本机原理图如图1所示，本机可分为三个部分：I—U 转换放大器、表头电路、电源部分。

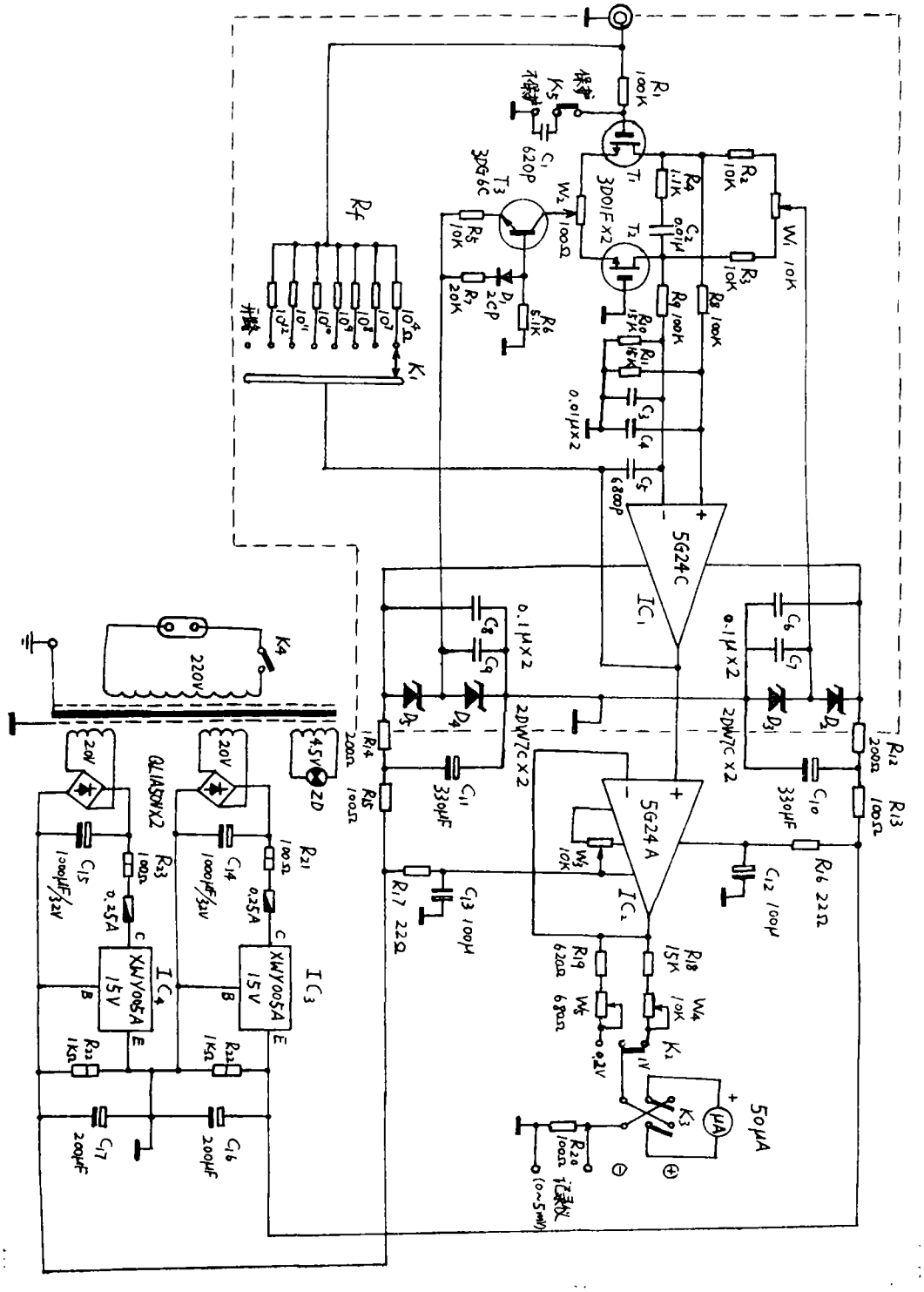


图1　原　理　图

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

I—U 转换放大器即电流——电压转换放大器，是本机的关键部分。图中 MOS 场效应管 T_1 T_2 组成了共源高输入阻抗双差分前置级，后随运放采用高增益通用集成运放 5G24C，两者构成了一个高输入阻抗运算放大器，由高阻 R_f 形成电压并联负反馈，从而实现了 I—U 转换，其关系式如下：

$$I_{sr} = -U_o/R_f$$

式中：I_{sr} 为输入电流，U_o 是放大器的输出电压，R_f 是反馈高阻。

具体线路上，T_1 T_2 必须工作于接近零温度系数工作点上，以降低温度漂移，D_1 用来补偿恒流源的温度漂移，采用了一些温度补偿措施；还采用了一些消除自激的措施，使工作更稳定；在放大器的输入端即场效应管 T_1 的栅极加了一个可接也可断开的电容，可以保护 MOS 场效应管免遭静电损坏，另外必要时可加一氖管，平时氖管呈高阻状态，倘若输入端超过一定电压，则氖管中的气体电离，使电压不致于击穿 MOS 场效应管的绝缘膜。

另外，在工艺制造上必须要求屏蔽良好，防潮性质亦较好，在安装波段开关 K_1 时，必须使高阻两端的分布电容尽量小，使得响应时间尽量短，体现出其优点。

本机的第二部分为表头电路，也用了一块通用的 5G24A，电路形式采用同相比例放大，具有输入阻抗高达几百 KΩ 的优点，使前面的 I—U 转换放大器的电流放大倍数不致于过高，以免导致工作不稳定。后面表头指示部分有一电压倍率开关，增加读数时的灵活性，另外还加了一只取样电阻 R_{20}，使放大器的输出信号可接至 X—Y 记录仪，增加仪器的使用灵活性。

电源部分采用两块 XWY0005A 15V 集成三端稳压器，构成一组±15(V)的电源，以供给前面运放的工作电压。

进一步提高性能的途径

1．MOSFET 采用 P 沟道增强型 SX3C01，这样有两个优点：①可以获得“零”栅流点，②可以减少由 N_a^+ 离子引起的漂移效应。

2．采用低噪声、高精度集成运算放大器作为后随运放。

3．波段开关 K_1 采用特制的高绝缘开关，各个接点用高绝缘材料(如：蓝宝石柱)支承起来。

4．线路中运放块是低功耗运放时，可以考虑电源采用迭层电池，一方面可以减少 50Hz 交流的干扰，另一方面减少损坏场效应管的机会，也降低了体积及成本。

5．在要求更高时，电路形式上可采用 CS—CG 式串接差分级作为前置级(如图 2)

6．I—U 转换放大器部分干脆用一块静电计专用集成运放，此种运放目前已有产生，这样避免了挑选配对场效应管的困难。

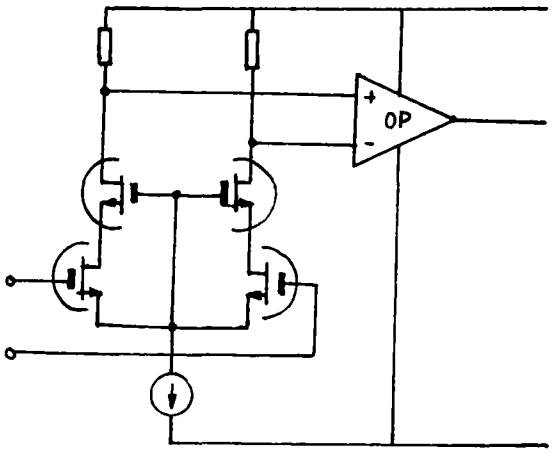


图 2　用CS—CG式串接差放大作为前置级

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Some Discussions in Very Small Current Amplifier

Wang Xiao

Abstract

This article introduces the extensive applications of very small current amplification and stresses on its importance, explains briefly its working principle, the key points in design and construction and directions for raising performance. Some other small current amplifiers are also described for comparison of merits.

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net