应用指南
ANC202309001

利用对消驱动提高心电信号测量共模抑制的原理分析

作者：吴英超

圣邦微电子（北京）股份有限公司

2023 年 9 月 27 日

商标

SGMICRO 是圣邦微电子（北京）股份有限公司的商标。本文档中的所有商标均为其各自所有者的财产。

© 2023 圣邦微电子（北京）股份有限公司 版权所有。

未经 SGMICRO 事先书面许可，任何单位或个人不得摘抄、复制或改编本文档的部分或全部内容。欲了解更多关于 SGMICRO 的信息，请访问网站 www.sg-micro.com。

摘要

心电检测是在强共模干扰下的微弱信号检测，为了提高电路的共模抑制比，常采用对消驱动电路（右腿驱动）来提高共模抑制比，本文分析了对消驱动电路的原理，结合电路实际验证了电路的效果。

目录

1 引言.....2
2 对消驱动模型.....2
3 结语.....3

1 引言

心电信号是人体特定的点与点之间的差模电压，信号幅度在 0.5mV~8mV 之间，典型值为 1mV。心电受到的工频干扰非常强，一般情况下人体的工频幅值在 V 级，比心电信号大 3 个数量级，工频干扰常以共模形式出现。

在如此强的工频干扰中检测出微弱的心电信号是一大挑战，这就要求运放具有很高的共模抑制比，一般要求在 60dB~120dB 之间，太低会影响心电图机性能，太高的运放成本上会让人难以接受。采用高共模抑制比的前置放大器，如在 50Hz 时 80dB 共模抑制比的仪表放大器是属于性能比较好的产品，这样工频干扰的幅值还是达到了信号幅值的十分之一，对于医生诊断来说是不能接受的，心电图机普遍采用对消驱动电路来进一步增强共模抑制能力。

2 对消驱动模型

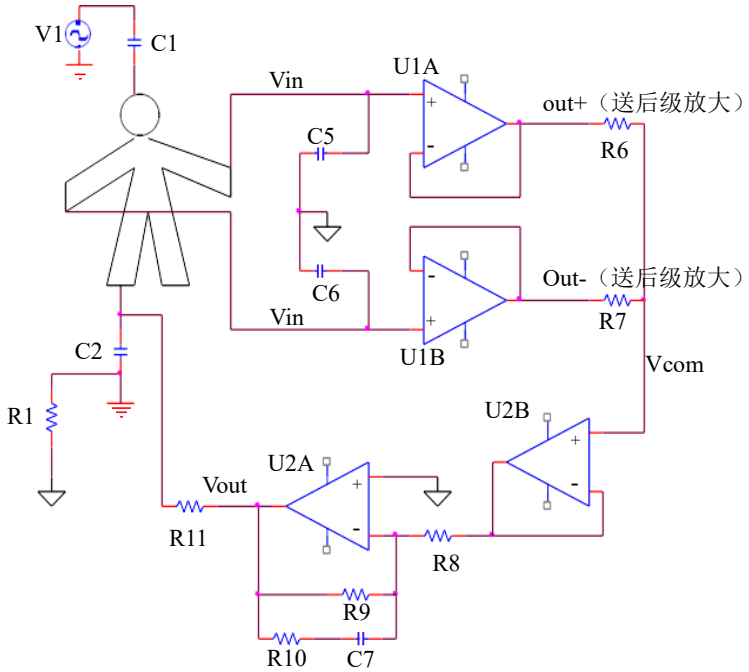

图 1 对消驱动模型

如上图所示，U2A 和 R9，R10，R11，C7 共同组成了右腿驱动电路，其原理是通过 R6，R7 从人体取出共模电压反向加到人体。下面通过公式来说明对消驱动的作用，计算中忽略 C5，C6，U1A，U1B 的误差对共模抑制比的影响，同时 R10 和 C7 是为了系统稳定而设计的，不影响低频时共模抑制比的计算，计算时忽略，公式推导如下：

U1A，U1B 作用是阻抗变换的跟随器，则：

$$Vcom = Vin \tag{1}$$

U2A 组成了一个反向放大器，其传递函数为：

$$Vout = -(R9 * Vcom)/R8 \quad (2)$$

根据基尔霍夫电流定律有：

$$(V1 - Vin) * jwC1 = Vin * jwC2 + (Vin - Vout)/R11 \quad (3)$$

得到 Vin 传递函数为：

$$Vin = R8 * R11 * JWC2/(R8 * R11 * jwC1 + R8 * R11 * jwC2 + jwC1 * jwC2 * R8 + jwC1 * jwC2 * R9) \quad (4)$$

带入常用电路的典型参数 R8=10kΩ，R11=100kΩ，R9=1MΩ，C2=100pf，不考虑电容的相位影响，略去极小项则：

$$Vin = R8 * R11 * jwC2/(R8 + R9) \quad (5)$$

在以上参数下 Vin 幅值为：

$$Vin = 1/3000 = -69\text{dB} \quad (6)$$

按照上述参数设计的右腿驱动电路理论上可以提供 69dB 的共模抑制比，这是一个对消驱动简化模型，实际电路中考虑到阻容的误差，滤波电容对相位的影响，运放的延迟等等，右腿驱动的共模抑制能力会劣化甚至产生震荡，具体的电路需要根据需要进行调整。

3 结语

圣邦微电子在对消驱动电路上做了很多验证工作，如器件的选择、线路板设计、电源结构等，在本应用指南中不再详述，请参考圣邦相关技术资料。按照图 1 所示电路制作了验证板，实测共模抑制比为 50dB，这样选择一颗共模抑制比 60dB 以上的集成或分立器件搭成的仪表放大器，整个系统就可以达到《GW-44_AAMI_EC13-2002》心脏监测仪专用标准中 89dB 的要求。

修订记录

注意:历史版本的页码可能与当前版本的页码不同。

日期	版本	描述
2023-09-27	REV.B	重新排版
2011-12-30	REV.A	首次发布

重要声明

本文档中如涉及本公司具体产品型号，SGMICRO 保留其更改电路设计、产品规格和产品描述的权利，恕不另行通知。本文档内容仅供参考。本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何承诺。对于本文档中可能出现的错误，以及因本文档提供的信息和使用本文档而造成的任何附带或间接损失，本公司不作任何明示或暗示的陈述和保证。
此文档未授予任何知识产权许可。除了 SGMICRO 在其产品的销售条款和条件中声明的责任外，本公司概不承担任何其他责任。

www.sg-micro.com

联系方式

圣邦微电子(北京)股份有限公司
地址：北京市海淀区西三环北路 87 号国际财经中心 D 座 11 层
邮编：100089
电话：010-88825716/17

深圳办事处
地址：深圳市南山区科技园高新南六道 6 号迈科龙大厦 15 层
邮编：518063
电话：0755-26715323

上海办事处
地址：上海市徐汇区漕溪北路 88 号圣爱大厦 1706 室
邮编：200030
电话：021-64396434