



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103095233 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201310024265. 0

(22) 申请日 2013. 01. 23

(73) 专利权人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)西源大道 2006 号

(72) 发明人 郜东瑞 刘铁军 尧德中 刘志焯
甘玉龙 郭茜 张志伟

(74) 专利代理机构 成都宏顺专利代理事务所
(普通合伙) 51227

代理人 周永宏

(51) Int. Cl.

H03F 3/45(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102185812 A, 2011. 09. 14, 全文.

CN 102594273 A, 2012. 07. 18, 全文.

CN 1414701 A, 2003. 04. 30, 全文.

余渊善等. 适用于嵌入式系统的心音心电信号采集仪. 《电子测量技术》. 2011, 第 34 卷(第 4 期), 第 81-85 页.

纵庆. 心电自动记录分析系统的研究. 《万方学位论文》. 2006, 第 3 章, 图 3. 1. 1 和 3. 1. 3.

审查员 李欢欢

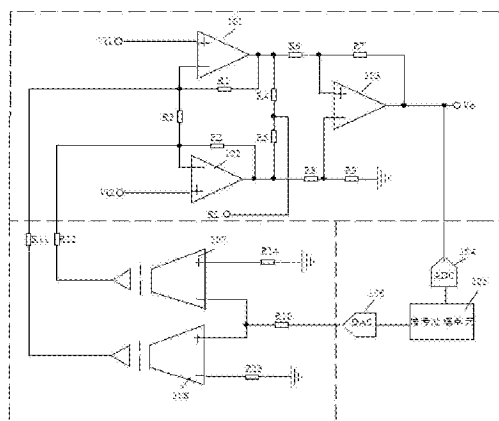
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

消除直流偏移的放大器

(57) 摘要

本发明公开了一种消除直流偏移的放大器, 包括: 前置放大器电路、直流信号提取电路和隔离电路, 其中, 直流信号提取电路用于提取前置放大器电路输出的直流成份信号; 隔离电路用于根据接收到的所述直流信号提取电路的直流成份信号产生一个与两个待测信号所带的直流偏移电压在所述前置放大器电路中产生的直流偏移电流大小相等方向相反的电流并反馈输入到所述的前置放大器电路中。本发明的放大器通过将三运放输出端输出的信号送入直流信号提取电路中, 提取前置放大器电路输出的直流成份信号, 并将直流成份转换为模拟信号输送到隔离电路中, 然后隔离电路将输入电压转换为恒流源并反相反馈到前置放大器的输入端, 从而实现直流偏移的动态消除。



1. 一种消除直流偏移的放大器,具体包括:前置放大器电路、直流信号提取电路和隔离电路,其中,所述前置放大器电路包括两个输入端和一个输出端,所述两个输入端用于输入两个待测信号;所述直流信号提取电路的输入端与所述前置放大器电路的输出端相连接,用于提取所述前置放大器电路输出的直流成份信号;所述隔离电路用于根据接收到的所述直流信号提取电路的直流成份信号,产生一个与两个待测信号所带的直流偏移电压在所述前置放大器电路中产生的直流偏移电流大小相等方向相反的电流并反馈输入到所述的前置放大器电路中;

所述前置放大器电路包括第一放大器、第二放大器、第三放大器、第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第七电阻、第八电阻和第九电阻,其中,第一放大器和第二放大器同相输入端作为所述前置放大器电路的两个输入端,第一放大器和第二放大器反相输入端通过第三电阻连接,第一放大器的反相输入端和输出端通过第一电阻连接;第二放大器的反相输入端和输出端通过第二电阻连接;第三放大器的同相输入端通过第六电阻与第一放大器的输出端连接,并通过第七电阻与第三放大器的输出端相连接;第三放大器的反相输入端通过第八电阻与第二放大器的输出端连接,并通过第九电阻藕接于地电位;第四电阻和第五电阻串接于第一放大器的输出端和第二放大器端之间;第三放大器的输出端作为所述前置放大器电路的输出端;

所述直流信号提取电路包括一模数转换器、一数模转换器和一信号处理单元;所述模数转换器的输入端作为所述直流信号提取电路的输入端,所述模数转换器输出的数字信号输入到所述信号处理单元中,所述信号处理单元对输入的数字信号进行交流滤波处理输出直流数字信号至所述的数模转换器,所述的数模转换器用于将输入的直流数字信号转换为直流模拟信号;所述的信号处理单元还包括一个低通滤波器用于对模数转换器所转换的信号进行滤波处理;

所述隔离电路具体包括第一隔离器件、第二隔离器件、第十电阻、第十一电阻和第十二电阻,其中,第十电阻的一端作为所述隔离电路的输入端,第十电阻的另一端连接至第一隔离器件的反相输入端和第二隔离器件的同相输入端;第一隔离器件的输出端经第十二电阻连接至第三电阻的一端;第二隔离器件的输出端经第十一电阻连接至第三电阻的另一端;所述的隔离器件具体为光耦芯片 4N35;

所述消除直流偏移的放大器还包括与第四电阻和第五电阻相连端相连的右腿驱动电路。

消除直流偏移的放大器

技术领域

[0001] 本发明属于电路设计技术领域,涉及一种放大电路的设计,具体涉及一种能够动态消除运算放大器直流偏移电压的三运算前置放大器的设计。

背景技术

[0002] 在电生理信号采集中,通常会受到周围各种噪声的干扰,特别是共模信号的干扰,在同等的工艺条件下,进一步提高共模抑制比的方法是提高前置放大器差模电压的放大倍数,但电生理信号中的直流偏移电压的存在限制了前置放大器的差模电压放大倍数,因此在没有消除直流偏压的情况下想进一步提高前置放大器的共模抑制比是非常困难的。

[0003] Enrique M等在“AC Coupled Three op-amp Bio-potential Amplifier with Active DC Suppression, IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, VOL. 47, NO. 1 2, DECEMBER2000, 1616-1619”中提出了交流耦合三运算放大器去除直流的方案。

[0004] 但该方案存在如下几个问题:一、积分电路的使用是不恰当的,采用的积分电路中的电容 C_i 没有电阻与其构成回路,很容易使放大器产生饱和,此时输出最大直流信号,不仅没有去除直流偏压,反而会产生新的直流电压偏移量,严重时可能引起整个运算放大电路的饱和;二、积分电路的截止频率由于硬件限制不能做的很低,因此它提取的信号包括了直流信号和一定成份的交流信号,当这些信号被叠加到三运算放大电路的输入端时,会将这些低频的交流信号叠加在有用的源信号中,由于这些低频信号被包含在有用信号频带的范围内很难被滤除,所以引入了新的干扰源,严重影响了信号的准确性;三、所选用的光耦器件属于非线性的器件,在没有对光耦器件产生的电流和偏移电压产生的电流进行对应修正的情况下,光耦器件所产生的电流可能与偏移电压在输入端产生的电流不一致,从而无法对直流偏移电压进行消除甚至有可能引入新的电压偏移量。

[0005] CN1414701A公开了一种高共模抑制比的前置放大器,具体采用并联型双运放,放大器的输出端分别与两组阻容耦合电路连接的方式来提高前置放大器的共模抑制比。这种方案因为引入了电容,由于电容的匹配程度很低,容易将共模信号转换成差模干扰信号,进而引入了新的干扰,而且通过电容滤除直流电压时需要的电容的容值很大,实现起来比较困难。

[0006] 在消除直流偏压的问题上,CN102185812A通过提取直流信号然后与原始信号相减来消除偏移电压,这种方案虽然比较简单,但是在三运算差动前置放大电路中因为电路是差分输入,如果采用此方案将会破坏电路的对称性,无法提高电路的共模抑制比。

发明内容

[0007] 本发明的目的就是针对上述提高前置放大器共模抑制比方案的不足和消除直流偏压的问题,提出一种即能够动态的消除直流偏移电压又能够提高前置放大器共模抑制比的放大器,同时能够满足电路性能需要。

[0008] 本发明的技术方案为:一种消除直流偏移的放大器,具体包括:前置放大器电路、

直流信号提取电路和隔离电路,其中,所述前置放大器电路包括两个输入端和一个输出端,所述两个输入端用于输入两个待测信号;所述直流信号提取电路的输入端与所述前置放大器电路的输出端相连接,用于提取所述前置放大器电路输出的直流成份信号;所述隔离电路用于根据接收到的所述直流信号提取电路的直流成份信号,产生一个与两个待测信号所带的直流偏移电压在所述前置放大器电路中产生的直流偏移电流大小相等方向相反的电流并反馈输入到所述的前置放大器电路中。

[0009] 进一步的,所述前置放大器电路包括第一放大器、第二放大器、第三放大器、第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第七电阻、第八电阻和第九电阻,其中,第一放大器和第二放大器同相输入端作为所述前置放大器电路的两个输入端,第一放大器和第二放大器反相输入端通过第三电阻连接,第一放大器的反相输入端和输出端通过第一电阻连接;第二放大器的反相输入端和输出端通过第二电阻连接;第三放大器的同相输入端通过第六电阻与第一放大器的输出端连接,并通过第七电阻与第三放大器的输出端相连接;第三放大器的反相输入端通过第八电阻与第二放大器的输出端连接,并通过第九电阻藕接于地电位;第四电阻和第五电阻串接于第一放大器的输出端和第二放大器端之间;第三放大器的输出端作为所述前置放大器电路的输出端。

[0010] 进一步的,所述直流信号提取电路包括一模数转换器、一数模转换器和一信号处理单元;所述模数转换器的输入端作为所述直流信号提取电路的输入端,所述模数转换器输出的数字信号输入到所述信号处理单元中,所述信号处理单元对输入的数字信号进行交流滤波处理输出直流数字信号至所述的数模转换器,所述的数模转换器用于将输入的直流数字信号转换为直流模拟信号。

[0011] 进一步的,所述隔离电路具体包括第一隔离器件、第二隔离器件、第十电阻、第十一电阻和第十二电阻,其中,第十电阻的一端作为所述隔离电路的输入端,第十电阻的另一端连接至第一隔离器件的反相输入端和第二隔离器件的同相输入端;第一隔离器件的输出端经第十二电阻连接至第三电阻的一端;第二隔离器件的输出端经第十一电阻连接至第三电阻的另一端。

[0012] 本发明的有益效果:本发明的消除直流偏移的放大器通过将测量到的三运放输出端输出的信号送入直流信号提取电路中,在直流信号提取电路中提取所述前置放大器电路输出的直流成份信号,并将直流成份信号转换为模拟信号输送到隔离电路中,然后隔离电路将输入电压转换为恒流源并反相反馈到前置放大器的输入端,从而实现直流偏移的动态消除。本发明的放大器能够动态的去掉较宽幅度范围内的直流偏移电压,所以能够在不同的状态下使用,在提高共模抑制、消除偏移电压时基本没有引入新的噪声源,可以广泛的应用到电生理信号采集中,具有很大的灵活性。

附图说明

[0013] 图1是本发明实施例的除直流偏移的放大器结构示意图;

[0014] 图2是本发明实施例的隔离器件的恒流源特性示意图。

具体实施方式

[0015] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步的说明。

[0016] 本发明提供了一种消除直流偏移的放大器,具体包括:前置放大器电路、直流信号提取电路和隔离电路,其中,所述前置放大器电路包括两个输入端和一个输出端,所述两个输入端用于输入两个待测信号;所述直流信号提取电路的输入端与所述前置放大器电路的输出端相连接,用于提取所述前置放大器电路输出的直流成份信号;所述隔离电路用于根据接收到的所述直流信号提取电路的直流成份信号,产生一个与两个待测信号所带的直流偏移电压在所述前置放大器电路中产生的直流偏移电流大小相等方向相反的电流并反馈输入到所述的前置放大器电路中。

[0017] 本发明的消除直流偏移的放大器通过将测量到的三运放输出端输出的信号送入直流信号提取电路中,在直流信号提取电路中提取所述前置放大器电路输出的直流成份信号,并将直流成份信号转换为模拟信号输送到隔离电路中,然后隔离电路将输入电压转换为恒流源并反相反馈到前置放大器的输入端,从而实现直流偏移的动态消除。

[0018] 图 1 给出了一种前置放大器电路的具体实现结构图,在图 1 中,并联型双运放放大器包括运算放大器 101、运算放大器 102、电阻 R1、R2、R3, 后级放大器包括运算放大器 103、电阻 R6、R7、R8、R9, 共模信号的提取由电阻 R4、R5 构成,其中运算放大器可以使用高精度双电源型 OP4177,它里面包含四个独立的运算放大器,运算放大器 101、102、103 可采用 OP4177 里面的三个放大器。

[0019] 其中,两个待测信号 V_{i1} 、 V_{i2} 分别从运算放大器 101、运算放大器 102 的同相输入端输入,运算放大器 101、运算放大器 102 的输出级分别接电阻 R6、R8,电阻 R3 分别与运算放大器 101、运算放大器 102 的负相输入端相连,电阻 R1、R2 分别与运算放大器 101、运算放大器 102 的输出级及电阻 R3 的两端相连,电阻 R4、R5 顺序相连并分别接于运算放大器 101、运算放大器 102 的输出级。电阻 R6 分别接于运算放大器 101 的输出端和运算放大器 103 的反相输入端。电阻 R7 分别接于运算放大器 103 的反相输入端输出端和运算放大器 103 的输出端。电阻 R8 分别接于运算放大器 102 的输出端和运算放大器 103 的同相输入端。电阻 R9 分别接于运算放大器 103 的同相输入端输出端和公共地。

[0020] 在前置放大器电路中,共模信号取样电路通与其并联型双运放的输出端相连提取共模信号,这里为了进一步提高前置放大器的共模抑制比,从 R4、R5 相连端引出共模电压到右腿驱动电路 RL。

[0021] 图 1 中的直流信号提取电路,包括:模数转换器 104、信号处理单元 105 和数模转换器 106,其中,模数转换器 104 可采用 16 位双极性的 AD 转换芯片 LTC1608,信号处理单元 105 可采用数字处理芯片 TMS320F2812,数模转换器 106 可采用 16 位的 AD5668。

[0022] 其中,运算放大器 103 输出的模拟信号 V_o 输送到模数转换器 104 的模拟信号输入端后,模数转换器 104 在信号处理单元 105 的控制下将其转换成数字信号送入信号处理单元 105。

[0023] 图 1 中的隔离电路,包括隔离器件 107、隔离器件 108、电阻 R10、R11、R12,还包括了电阻 R13、R14,其中,隔离器件 107 的正相输入脚与电阻 R14 的一端相连,电阻 R14 的另一端接公共地,隔离器件 107 的反相输入脚与隔离器件 108 的正相输入脚相连并与电阻 R10 相接,隔离器件 107 的输出脚与电阻 R12 相连,电阻 R12 的另一端接于运算放大器 102 的反相输入端,隔离器件 108 的输出脚与电阻 R11 相连,电阻 R11 的另一端接于运算放大器 101 的反相输入端,隔离器件 108 的反相输入脚与电阻 R13 相连,电阻 R13 的另一端接到公共地。

[0024] 在本实施例中隔离器件 107、108 可采用光耦芯片 4N35。

[0025] 具体实现过程为：前置放大器电路后级运算放大器输出信号包含了直流成份和交流成份，图 1 直流提取电路实时的将前置放大器电路中的直流偏移电压提取出来，并转换为恒流源反相叠加到前置放大器的输入端电阻 R3 上，该电流与前置放大器电路输入信号中所带的直流偏移电压在 R3 上形成的电流相等方向相反，从而能够抵消直流偏移电压在 R3 上的直流偏移电流，最终实现动态消除前置放大器电路中直流偏移电压的目的。当直流偏移电压消除后可以通过提高前置放大器电路的差模电压放大倍数来提高前置放大器电路的共模抑制比。

[0026] 设定图 1 中 R3 两端的直流偏移电压为 V_{DC0} ，则流过 R3 的偏移电流(设为 I_{DC})为：

$I_{DC} = \frac{V_{DC0}}{R_3}$ ，则信号处理单元的作用就是提取模数转换器 104 所转换信号中的直流量，并将其

输送到数模转换器 106，模数转换器器 106 将该信号转换为模拟信号(设为 V_{DC1})经过限流电阻 R10 输送到隔离器件 107 的反相输入脚和隔离器件 108 的正相输入脚，然后隔离器件光耦芯片 107、108 将 V_{DC1} 转换为电流(设为 I_{DC1})并通过电阻 R12、R11 反相加入到 R3 两端，当 $I_{DC1}=I_{DC}$ 时，就实现了对直流偏移电压的消除。

[0027] 由于模数转换器 104 所转换信号中不仅包含了直流成份，而且还包含了交流信号。为提取直流成份滤除交流成份，在信号处理单元 105 中首先设计截止频率为 0.01Hz 的 FIR 四阶低通滤波器对模数转换器 104 所转换的信号进行滤波获得直流偏移量(设为 DV_{DC1})。

[0028] 由于本实施例中的光耦芯片 4N35 具有非线性，所以还需要在信号处理单元中要建立隔离器件的输入电压与直流信号提取电路获得的直流偏移电压的对应关系表，当直流偏移电压提取电路获得的直流偏移电压 V_{DC1} 分别为 1mV、3mV、5mV、7mV、9mV 时，需要在光耦芯片 4N35 的输入端分别施加的电压(设为 V_{DC2})为 -1.3mV、-3.2mV、-5.5mV、-7.4mV、-9.3mV 的电压，如果直流信号提取电路获得的直流偏移电压 V_{DC1} 为 -1mV、-3mV、-5mV、-7mV、-9mV 时，则对应施加在光耦芯片的输入电压 V_{DC2} 为 1.3mV、3.2mV、5.5mV、7.4mV、9.3mV。然后通过查表的方式对直流偏移量 DV_{DC1} 进行校正，校正后的直流偏移量(设为 DV_{DC2})被信号处理单元 105 输送至数模转换器 106，接着数模转换器 106 将接收到的直流偏移电压量 DV_{DC2} 转换为对应的模拟电压 V_{DC2} 并送至与光耦芯片相连的限流电阻 R10 的一端，隔离器件 107 和隔离器件 108 中的转换电路将接收到的电压信号转换为电流信号 I_{DC1} 通过隔离器件 108 或隔离器件 108 的输出端输出，此时的模拟电压 V_{DC1} 被转换为电流 I_{DC1} ，然后该电流 I_{DC1} 通过电阻 R11 或 R12 反相叠加到电阻 R3 上，由于 $I_{DC1}=I_{DC}$ ，从而实现与直流偏移电流 I_{DC} 的相互抵消。

[0029] 当修正后的模拟电压 V_{DC1} 通过 R10 送到隔离器件 107 的反相输入端和隔离器件 108 的正相输入端后，当模拟电压 V_{DC1} 为正值时，隔离器件 107 将电压信号转换为负的电流信号；当模拟电压 V_{DC1} 为负值时，隔离器件 108 将电压信号转换为正的电流信号。然后由隔离器件 107 或隔离器件 108 中信号探测器接收转换为电流 I_{DC1} 并从隔离器件 107 的输出脚或隔离器件 108 的输出脚输出，然后该电流通过电阻 R11 或 R12 流入到电阻 R3 上，从而实现与直流偏移电流 I_{DC} 的相互抵消。

[0030] 图 2 为隔离器件的恒流源特性图，横坐标为测试时电阻 R3 的不同实验阻值，单位为 $k\Omega$ ，纵坐标为隔离器件产生的电流通过电阻 R11、R12 流经电阻 R3 的电流值，单位为 μA ，

y1、y2、y3、y4、y5 分别为隔离器件 107 的反相输入脚与隔离器件 108 的正相输入脚输入不同直流偏压 0mV、5mV、10mV、15mV、20mV 时的电阻 R3 与流经 R3 电流的关系曲线图。可以看出在偏移电压恒定时,在一定范围内改变电阻 R3 的值时,流经 R3 的电流为一定值,从而能够即改变运算放大器的放大倍数提高共模抑制比又可以动态消除直流偏压。

[0031] 在本实施例中,将该放大器应用于脑电信号的电生理信号的采集,可以实现 0.01Hz 以上频带的信号采集,能够更加全面的获取有用信号,从而为认知科学等领域的研究提供更有利的帮助。

[0032] 经过试验,在前置放大器差模放大倍数为 465 倍时,输入 2020mV 的直流偏压可以被完整的校正过来。由此可见本发明的消除直流偏移的放大器可以在三运算放大器放大数百倍的情况下能够动态的消除直流偏压,从而可以提高三运算放大器的共模抑制比。

[0033] 被测信号 Vi1、Vi2 通过运算放大器 101、运算放大器 102 的正相端以差分形式输入,经过三运算放大器后信号从运算放大器 103 的输出端 Vo 输出。若设被测信号 Vi1、Vi2 所含的直流偏移电压施加在图 1 电阻 R3 两端的直流电压为 V_{DC0} ,则流经电阻 R3 的直流偏移

电流 $I_{DC} = \frac{V_{DC0}}{R_3}$,图 1 中,104、105、106 的作用就是提取被测信号 Vi1、Vi2 中的直流偏移电压,然后通过隔离器件 107、108 生成恒流源,通过电阻 R11、R12 反相叠加到电阻 R3 上,与流经 R3 的直流偏移电流相互抵消 I_{DC1} 。

[0034] 由于隔离器件的恒流特性,当直流偏压电压消除后可以通过改变电阻 R3 的方法来提高图 1 中前置放大器电路的差模放大倍数,根据共模抑制比的公式(中华人民共和国

国家计量检定规程, JJG954, 2000) $CMRR = 20 \lg K + 20 \lg \frac{U_d}{U_c}$,其中, K 为模块一的差模放大

倍数, Ud 为差模输入信号, Uc 为最大共模输出信号,根据公式可知通过提高差模放大倍数可以提高三运算放大器的共模抑制比。

[0035] 综上,本发明的消除直流偏移的放大器具有如下几个优点:

[0036] 1. 能够将同类的常规前置放大器的共模抑制比提高 20dB 以上。

[0037] 2. 能够动态的去掉直流偏移电压,所以能够在不同的状态下使用,尤其是应用在便携式的电生理信号采集仪中,具有很大的灵活性。

[0038] 3. 用于电生理信号采集时,可以获取 0.01Hz 以上的电生理信号。

[0039] 4. 电路的整体性能可靠,在提高共模抑制、消除偏移电压时基本没有引入新的噪声源,可以广泛的应用到电生理信号采集中。

[0040] 本领域的普通技术人员将会意识到,这里所述的实施例是为了帮助读者理解本发明的原理,应被理解为本发明的保护范围并不局限于这样的特别陈述和实施例。本领域的普通技术人员可以根据本发明公开的这些技术启示做出各种不脱离本发明实质的其它各种具体变形和组合,这些变形和组合仍然在本发明的保护范围内。

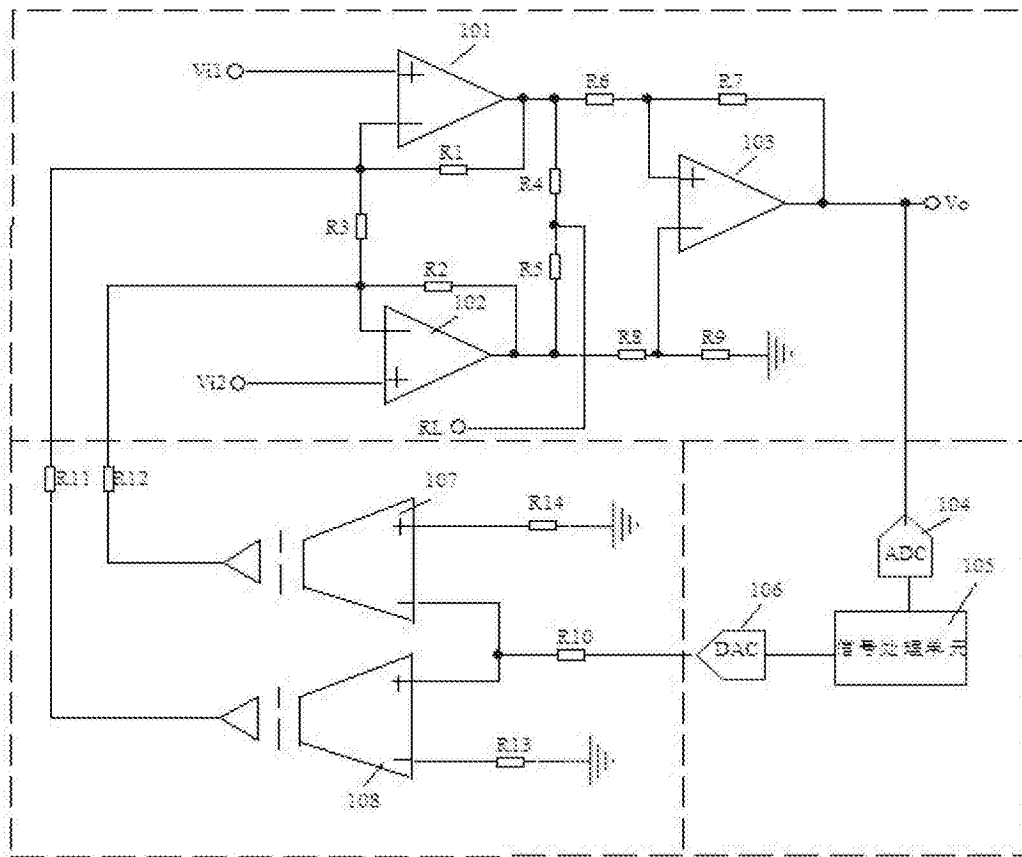


图 1

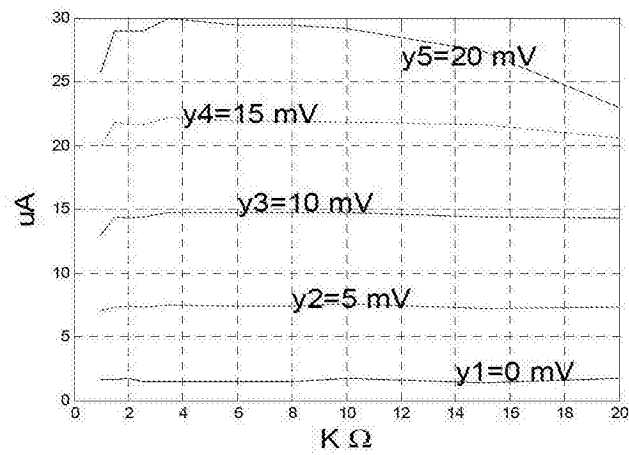


图 2