



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118961856 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 15

(21) 申请号 202411313898.8

(22) 申请日 2024.09.20

(71) 申请人 广州计量检测技术研究院

地址 510663 广东省广州市黄埔区科学城
尖塔山路19号

(72) 发明人 张志宏 张力玲 黄杨清

(74) 专利代理机构 杭州浙科专利事务所(普通
合伙) 33213

专利代理师 陈洁

(51) Int. Cl.

G01N 27/48 (2006.01)

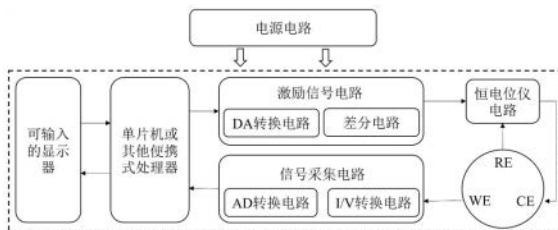
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极
电化学信号检测装置

(57) 摘要

本发明属于电化学检测技术领域,公开了一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,包括微控制器模块、激励信号模块、恒电位仪模块和信号采集模块。激励信号模块用于产生可以触发电极表面发生氧化还原反应的激励信号,通过控制在工作电极和参比电极之间施加的电压或电流,从而控制氧化还原反应进行的速率,以便更好的检测和分析。恒电位仪模块用于调节工作电极与参比电极之间的电位恒定,确保电化学反应的精准度。信号采集模块用于采集电化学反应产生的电流信号,并发送给控制器模块进行处理,反推出参加电化学反应的物质的量。信号采集模块设置不同的信号采集档位,以确保电信号采集的精度。本发明便携设计,便于现场快速检测。



1. 一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,其特征在于,包括控制器模块、激励信号模块、恒电位仪模块、信号采集模块和电源模块,所述控制器模块连接激励信号模块,所述激励信号模块连接恒电位仪模块,所述恒电位仪模块连接信号采集模块,所述电源模块连接到整个系统,

所述控制器模块首先初始化各模块,然后执行用户输入的指令,最后进行数据处理;

所述激励信号模块用于实现双极性激励信号的输出;

所述恒电位仪模块利用运算放大器的“虚短”原理作用于参比电极,将参比电极与工作电极之间的溶液等效电阻构成负反馈电路,使电解池中氧化还原反应产生的电流从工作电极上流出;

所述信号采集模块用于电流信号进行检测;

所述电源模块不仅为整个装置的运行提供所需的能量,还为各模块中的运算放大器和DA转换电路提供双极性电源和基准电压。

2. 根据权利要求1所述的便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,其特征在于,所述控制器模块包括可编程的单片机或者便携式处理器与可输入的显示器,所述可编程的单片机或者便携式处理器根据指令通过控制寄存器和延时函数,实现数据的分析和处理;所述显示器用于输入指令及显示结果。

3. 根据权利要求1所述的便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,其特征在于,所述激励信号模块包括单极性输出的AD换电路和差分电路,用于实现双极性激励信号的输出,采用高精度的AD转换电路和第一基准电压 V_{ref} ,经控制器模块自定义输出 $0 \sim V_{ref}$ 范围的电压,输出的电压经过电压跟随器U1,第二基准电压 $V_{ref}/2$ 经过电压跟随器U2,电压跟随器U1、电压跟随器U2输出通过差分比例运算器U3,实现 $-V_{ref}/2 \sim +V_{ref}/2$ 的双极性激励信号输出。

4. 根据权利要求1所述的便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,其特征在于,所述恒电位仪模块利用运算放大器的“虚短”原理作用于参比电极,将参比电极与工作电极之间的溶液等效电阻构成负反馈电路,使电解池中氧化还原反应产生的电流从工作电极上流出。

5. 根据权利要求4所述的便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,其特征在于,所述恒电位仪模块包括电阻R1、电阻R2、电压跟随器U4、电压跟随器U5和电压跟随器U6,所述电压跟随器U4是可以跟随激励信号模块生成任意电位,并增强模拟电压输出的带负载能力,所述电压跟随器U4正向输入端连接激励信号模块输出的双极性激励信号 DA_{OUT} ,反向输入端连接输出端,输出端连接电阻R1,所述电阻R1连接电阻R2及电压跟随器U5的反向输入端,所述电压跟随器U5正向输入端接地,所述电压跟随器U5输出端连接对电极CE,所述电阻R2连接电压跟随器U6的反向输入端,所述电压跟随器U6反向输入端连接输出端,所述电压跟随器U6的正向输入端连接参比电极RE,所述工作电极WE接地,所述电阻R1和电阻R2之间的电位为 u_p 。

6. 根据权利要求5所述的便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,其特征在于,所述恒电位电路原理的工作原理和调节过程如下:U5正向输入端接地,再通过控制电阻R1和电阻R2的阻值相等,将前级电路的电位反向施加在参比电极RE上,此时,参比电极RE对地电位为 $-DA_{OUT}$,由于工作电极WE虚地,对地电位为0 V,但随着氧化还原反应进

行,工作电极WE上电流增大,电势也逐渐产生偏离,导致工作电极WE与参比电极RE的电压差发生变化;此时变化的电压 u_{RE} 通过电压跟随器U6影响 u_p 点电位, u_p 点不等于0 V,即电压跟随器U6输入端不等于0 V, u_{CE} 变化,从而使得 u_{RE} 变化,最终将工作电极WE与参比电极RE之间的电位差调节回设定的输入值,这就是整个恒电位仪的调节过程,即 $\Delta u_{WE} \rightarrow \Delta u_{CE} \rightarrow \Delta u_{RE}$ 。

7. 根据权利要求1所述的便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,其特征在于,所述信号采集模块在电化学反应中产生的电流是随反应物质的多少而变化,参加反应的物质越多,产生的电流越大,设置nA、 μ A、mA档对不同大小的电流信号进行检测,基于跨阻抗放大电路原理实现从电流到电压的转换,然后通过滤波电路去除信号干扰,最后通过AD转换电路将模拟信号转换成数字信号,发送给控制器模块进行处理和分析。

8. 根据权利要求1所述的便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,其特征在于,所述电源模块包括线性稳压器、虚拟地分割电源电路、第一基准电压电路、第二基准电压电路,选择单极性直流电源作为整个装置供电方式,直流电源经过线性稳压器进行电压转换,确保能够输出稳定的电压 V_1 为各模块供电,经过线性稳压器输出的电压 V_1 采用虚拟地分割电源电路的方式,将单极性电压分割成双极性电压 $-V_1/2$ 和 $+V_1/2$ 为运算放大器供电,分别使用第一基准电压芯片和第二基准电压芯片将输出的稳定电压 V_1 生成第一基准电压 V_{ref} 和第二基准电压 $V_{ref}/2$ 。

9. 根据权利要求1所述的便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,其特征在于,所述装置同时支持三电极或二电极传感系统的上的微小电流检测,并根据电流大小反推出电化学反应中参与反应的物质的量,当检测三电极传感系统时,工作电极WE、参比电极RE、对电极CE分别接对应的电极;当检测二电极传感系统时,工作电极WE接二电极传感系统的一端,参比电极RE和对电极CE共同接二电极传感系统的另一端,电极链接好后,用户通过可输入的显示器选择检测方法,并设置该检测方法的参数,装置启动后,实时检测工作电极上电流大小,最后保存数据。

一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置

技术领域

[0001] 本发明属于电化学检测技术领域,尤其涉及一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置。

背景技术

[0002] 电化学检测技术是通过给目标分析物施加激励信号从而使其发生氧化还原反应产生电化学信号的技术,最终将化学反应转化成可检测的电信号,并对电信号进行分析和处理反推出参与化学反应的物质的量。电化学检测技术作为一种定量检测技术,具有灵敏度高、可靠性好和检测限低等优势,被广泛应用于疾病诊断、食品监管和环境监测等领域,是实现现场快速检测的重要手段之一。目前主流的电化学检测方法有时间-电流法、循环伏安法、差分脉冲伏安法等。传统的电化学检测设备存在电路复杂、体积大、成本高等问题,限制了其在现场快速检测中的应用。现存的便携式电化学检测仪器具有检测方法单一,电流检测精度低和范围窄等缺点。

发明内容

[0003] 本发明目的在于提供一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,以解决上述的技术问题。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明的一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置的具体技术方案如下:

一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,包括控制器模块、激励信号模块、恒电位仪模块、信号采集模块和电源模块,所述控制器模块连接激励信号模块,所述激励信号模块连接恒电位仪模块,所述恒电位仪模块连接信号采集模块,所述电源模块连接到整个系统,

所述控制器模块首先初始化各模块,然后执行用户输入的指令,最后进行数据处理;

所述激励信号模块用于实现双极性激励信号的输出;

所述恒电位仪模块利用运算放大器的“虚短”原理作用于参比电极,将参比电极与工作电极之间的溶液等效电阻构成负反馈电路,使电解池中氧化还原反应产生的电流从工作电极上流出;

所述信号采集模块用于电流信号进行检测;

所述电源模块不仅为整个装置的运行提供所需的能量,还为各模块中的运算放大器和DA转换电路提供双极性电源和基准电压。

[0005] 进一步的,所述控制器模块包括可编程的单片机或者便携式处理器与可输入的显示器,所述可编程的单片机或者便携式处理器根据指令通过控制寄存器和延时函数,实现数据的分析和处理;所述显示器用于输入指令及显示结果。

[0006] 进一步的,所述激励信号模块包括单极性输出的AD换电路和差分电路,用于实现双极性激励信号的输出,采用高精度的AD转换电路和第一基准电压 V_{ref} ,经控制器模块自定义输出 $0 \sim V_{ref}$ 范围的电压,输出的电压经过电压跟随器U1,第二基准电压 $V_{ref}/2$ 经过电压跟随器U2,电压跟随器U1、电压跟随器U2输出通过差分比例运算器U3,实现 $-V_{ref}/2 \sim +V_{ref}/2$ 的双极性激励信号输出。

[0007] 进一步的,所述恒电位仪模块利用运算放大器的“虚短”原理作用于参比电极,将参比电极与工作电极之间的溶液等效电阻构成负反馈电路,使电解池中氧化还原反应产生的电流从工作电极上流出。

[0008] 进一步的,所述恒电位仪模块包括电阻R1、电阻R2、电压跟随器U4、电压跟随器U5和电压跟随器U6,所述电压跟随器U4是可以跟随激励信号模块生成任意电位,并增强模拟电压输出的带负载能力,所述电压跟随器U4正向输入端连接激励信号模块输出的双极性激励信号 DA_{OUT} ,反向输入端连接输出端,输出端连接电阻R1,所述电阻R1连接电阻R2及电压跟随器U5的反向输入端,所述电压跟随器U5正向输入端接地,所述电压跟随器U5输出端连接对电极CE,所述电阻R2连接电压跟随器U6的反向输入端,所述电压跟随器U6反向输入端连接输出端,所述电压跟随器U6的正向输入端连接参比电极RE,所述工作电极WE接地,所述电阻R1和电阻R2之间的电位为 u_p 。

[0009] 进一步的,所述恒电位电路原理的工作原理和调节过程如下:U5正向输入端接地,再通过控制电阻R1和电阻R2的阻值相等,将前级电路的电位反向施加在参比电极RE上,此时,参比电极RE对地电位为 $-DA_{OUT}$,由于工作电极WE虚地,对地电位为0 V,但随着氧化还原反应进行,工作电极WE上电流增大,电势也逐渐产生偏离,导致工作电极WE与参比电极RE的电压差发生变化;此时变化的电压 u_{RE} 通过电压跟随器U6影响 u_p 点电位, u_p 点不等于0 V,即电压跟随器U6输入端不等于0 V, u_{CE} 变化,从而使得 u_{RE} 变化,最终将工作电极WE与参比电极RE之间的电位差调节回设定的输入值,这就是整个恒电位仪的调节过程,即 $\Delta u_{WE} \rightarrow \Delta u_{CE} \rightarrow \Delta u_{RE}$ 。

[0010] 进一步的,所述信号采集模块在电化学反应中产生的电流是随反应物质的多少而变化,参加反应的物质越多,产生的电流越大,设置nA、 μA 、mA档对不同大小的电流信号进行检测,基于跨阻抗放大电路原理实现从电流到电压的转换,然后通过滤波电路去除信号干扰,最后通过AD转换电路将模拟信号转换成数字信号,发送给控制器模块进行处理和分析。

[0011] 进一步的,所述电源模块包括线性稳压器、虚拟地分割电源电路、第一基准电压电路、第二基准电压电路,选择单极性直流电源作为整个装置供电方式,直流电源经过线性稳压器进行电压转换,确保能够输出稳定的电压 V_1 为各模块供电,经过线性稳压器输出的电压 V_1 采用虚拟地分割电源电路的方式,将单极性电压分割成双极性电压 $-V_1/2$ 和 $+V_1/2$ 为运算放大器供电,分别使用第一基准电压芯片和第二基准电压芯片将输出的稳定电压 V_1 生成第一基准电压 V_{ref} 和第二基准电压 $V_{ref}/2$ 。

[0012] 进一步的,所述装置同时支持三电极或二电极传感系统的上的微小电流检测,并根据电流大小反推出电化学反应中参与反应的物质的量,当检测三电极传感系统时,工作电极WE、参比电极RE、对电极CE分别接对应的电极;当检测二电极传感系统时,工作电极WE接二电极传感系统的一端,参比电极RE和对电极CE共同接二电极传感系统的另一端,电极链接好后,用户通过可输入的显示器选择检测方法,并设置该检测方法的参数,装置启动

后,实时检测工作电极上电流大小,最后保存数据。

[0013] 本发明的一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置具有以下优点:

1、便携设计,可以检测传感器电极或其他三电极、二电极传感系统上的微小电流,便于现场快速检测。

[0014] 2、低成本、易于普及和应用。

[0015] 3、电流检测精度高,范围大,可以实现nA~mA范围的电流检测。

[0016] 4、用于可以设置不同电化学检测方法,如时间-电流法、循环伏安法、差分脉冲伏安法等。

附图说明

[0017] 图1为本发明的便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置结构框图;

图2为本发明的装置运行逻辑图;

图3为本发明的激励信号生成电路结构图;

图4为本发明的恒电位仪原理图;

图5为本发明的跨阻抗放大电路图;

图6为本发明的线形稳压电路图;

图7为本发明的虚拟地分割电源电路图;

图8为本发明的第一基准电压电路图;

图9为本发明的第二基准电压电路图;

图10为本发明的用户操作流程圖。

具体实施方式

[0018] 为了更好地了解本发明的目的、结构及功能,下面结合附图,对本发明一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置做进一步详细的描述。

[0019] 如图1所示,本发明的一种便携式、高精度的恒电位仪用于三电极电化学信号检测装置,包括控制器模块、激励信号模块、恒电位仪模块、信号采集模块和电源模块,控制器模块连接激励信号模块,激励信号模块连接恒电位仪模块,恒电位仪模块连接信号采集模块,电源模块连接到整个系统。

[0020] 控制器模块包括可编程的单片机或者其他便携式处理器与可输入的显示器,主要功能首先初始化各模块,然后执行用户输入的指令,最后进行数据处理。可编程的单片机或者便携式处理器根据指令通过控制寄存器和延时函数,实现数据的分析和处理。显示器用于输入指令及显示结果。装置运行逻辑流程图如图2所示。

[0021] 激励信号模块包括单极性输出的AD换电路和差分电路,用于实现双极性激励信号的输出,采用高精度的AD转换电路和第一基准电压(V_{ref}),经控制器自定义输出 $0 \sim V_{ref}$ 范围的电压,输出的电压经过电压跟随器U1,第二基准电压($V_{ref}/2$)经过电压跟随器U2,电压跟随器U1、U2输出通过差分比例运算器U3,实现 $-V_{ref}/2 \sim +V_{ref}/2$ 的双极性激励信号输出。电路图如图3所示。

[0022] 恒电位仪模块利用运算放大器的“虚短”原理作用于参比电极,将参比电极与工作电极之间的溶液等效电阻构成负反馈电路,使电解池中氧化还原反应产生的电流从工作电极上流出。恒电位仪原理图如图4所示。

[0023] 恒电位仪模块包括电阻R1、R2、电压跟随器U4、电压跟随器U5和电压跟随器U6。其中,电压跟随器U4是可以跟随激励信号模块生成任意电位,并增强模拟电压输出的带负载能力。电压跟随器U4正向输入端连接激励信号模块输出的双极性激励信号 DA_{OUT} ,反向输入端连接输出端,输出端连接电阻R1,电阻R1连接电阻R2及电压跟随器U5的反向输入端,电压跟随器U5正向输入端接地(虚地),电压跟随器U5输出端连接对电极CE,电阻R2连接电压跟随器U6的反向输入端,电压跟随器U6反向输入端连接输出端,电压跟随器U6的正向输入端连接参比电极RE,工作电极WE接地。电阻R1和R2之间的电位为 u_p 。

[0024] 恒电位电路原理的工作原理和调节过程如下:U5正向输入端接地(虚地),再通过控制电阻R1和电阻R2的阻值相等,可以将前级电路的电位反向施加在参比电极RE上。此时,参比电极RE对地电位为 $-DA_{OUT}$ 。由于工作电极WE虚地,对地电位为0 V。但随着氧化还原反应进行,工作电极WE上电流增大,电势也逐渐产生偏离,导致工作电极WE与参比电极RE的电压差发生变化;此时变化的电压 u_{RE} 通过电压跟随器U6影响 u_p 点电位, u_p 点不等于0 V,即电压跟随器U6输入端不等于0 V, u_{CE} 变化,从而使得 u_{RE} 变化,最终将工作电极WE与参比电极RE之间的电位差调节回设定的输入值,这就是整个恒电位仪的调节过程。总结而言,即 $\Delta u_{WE} \rightarrow \Delta u_{CE} \rightarrow \Delta u_{RE}$ 。

[0025] 信号采集模块在电化学反应中产生的电流是随反应物质的多少而变化,参加反应的物质越多,产生的电流越大。为了增加信号采集模块的采集精度和检测范围,本发明分别设置nA、 μ A、mA档对不同大小的电流信号进行检测。基于跨阻抗放大电路原理实现从电流到电压的转换,如图5所示,然后通过滤波电路去除信号干扰,最后通过AD转换电路将模拟信号转换成数字信号,发送给控制器模块进行分析和处理。

[0026] 电源模块在便携式三电极电化学检测装置中,电源模块不仅为整个装置的运行提供所需的能量,还为各模块中的运算放大器和DA转换电路提供双极性电源和基准电压,这一设计直接影响了整个装置的稳定性和准确性。如图6-9所示,电源模块包括线性稳压器、虚拟地分割电源电路、第一基准电压电路、第二基准电压电路。本发明选择单极性直流电源作为整个装置供电方式,直流电源经过线性稳压器进行电压转换,确保能够输出稳定的电压(V_1)为各模块供电。经过线性稳压器输出的电压(V_1)采用虚拟地分割电源电路的方式,将单极性电压分割成双极性电压($-V_1/2$ 和 $+V_1/2$)为运算放大器供电。分别使用第一基准电压芯片和第二基准电压芯片将输出的稳定电压(V_1)生成第一基准电压(V_{ref})和第二基准电压($V_{ref}/2$)。

[0027] 本发明的便携式三电极电化学检测装置同时支持三电极或二电极传感系统的上的微小电流检测,并根据电流大小反推出电化学反应中参与反应的物质的量。当检测三电极传感系统时,工作电极WE、参比电极RE、对电极CE分别接对应的电极。当检测二电极传感系统时,工作电极WE接二电极传感系统的一端,参比电极RE和对电极CE共同接二电极传感系统的另一端。电极链接好后,用户通过可输入的显示器选择检测方法,并设置该检测方法的参数,装置启动后,实时检测工作电极上电流大小,最后保存数据。操作流程如图10所示。

[0028] 可以理解,本发明是通过一些实施例进行描述的,本领域技术人员知悉的,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对这些特征和实施例进行各种改变或等效替换。另外,在本发明的教导下,可以对这些特征和实施例进行修改以适应具体的情况及材料而不会脱离本发明的精神和范围。因此,本发明不受此处所公开的具体实施例的限制,所有落入本申请的权利要求范围内的实施例都属于本发明所保护的范围内。

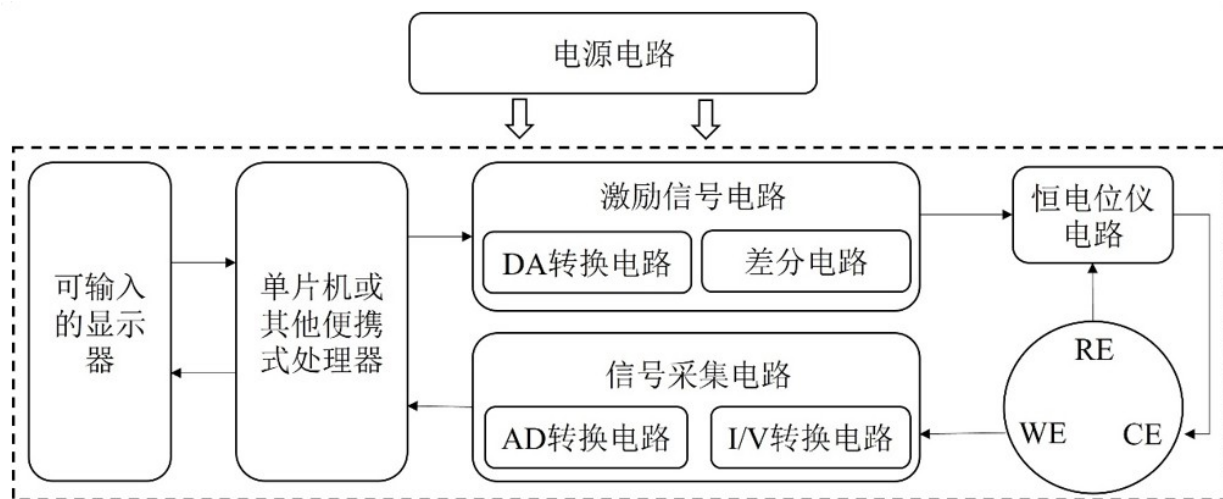


图 1

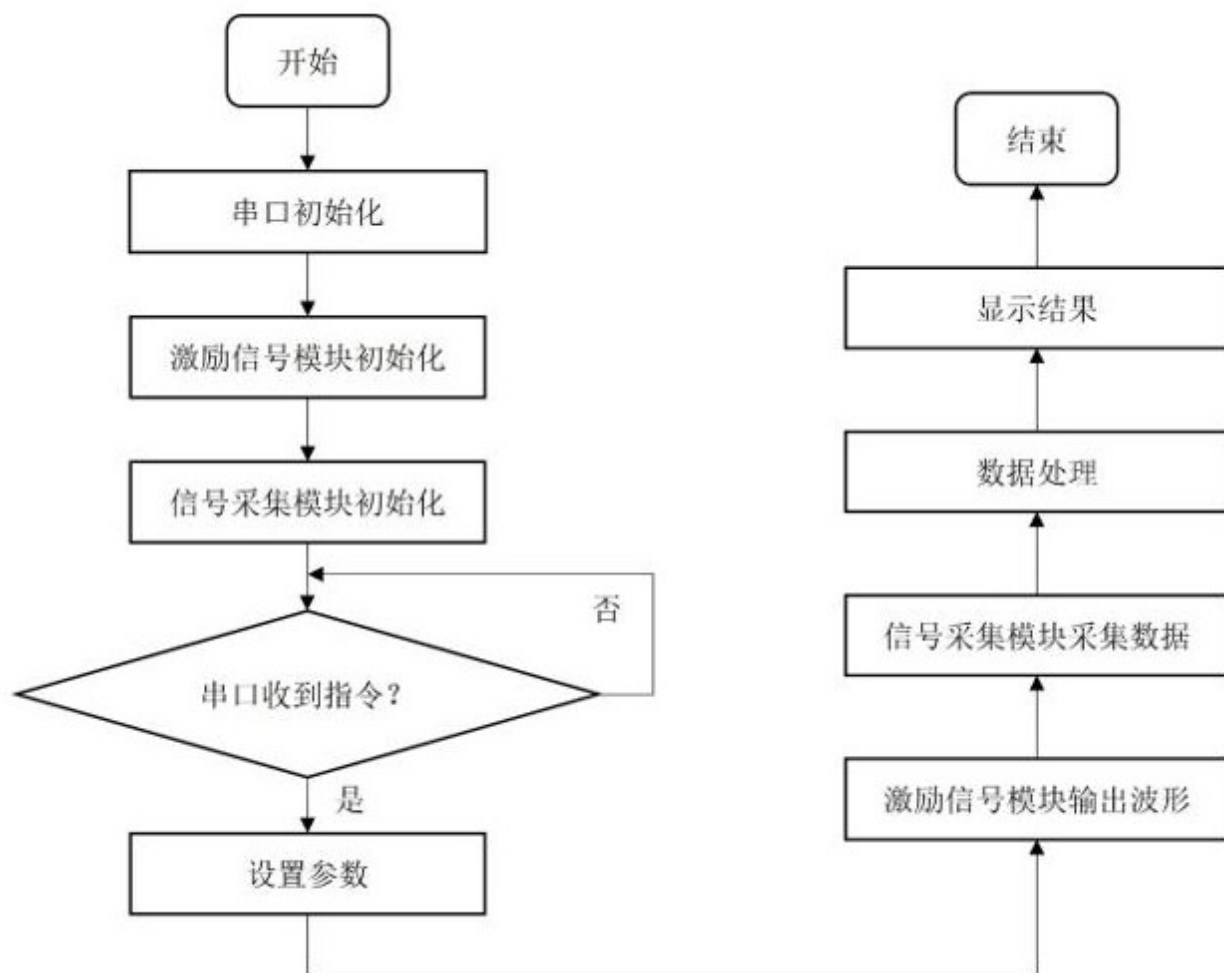


图 2

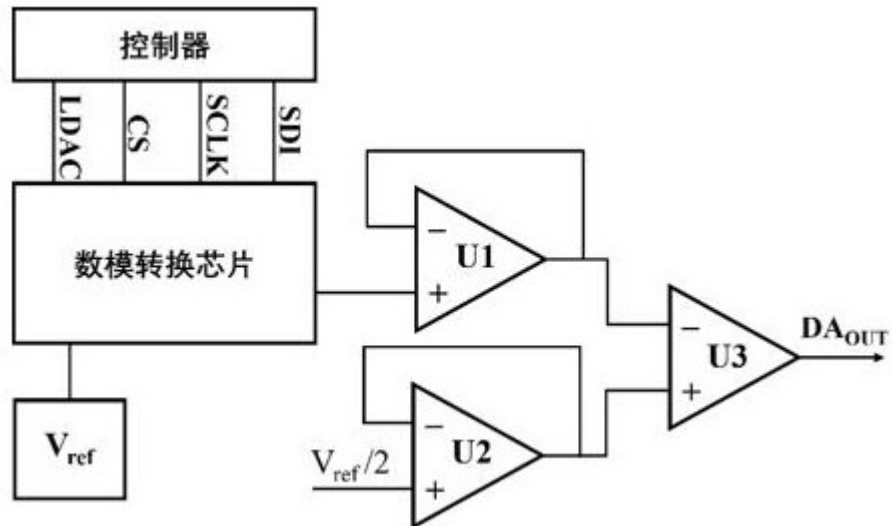


图 3

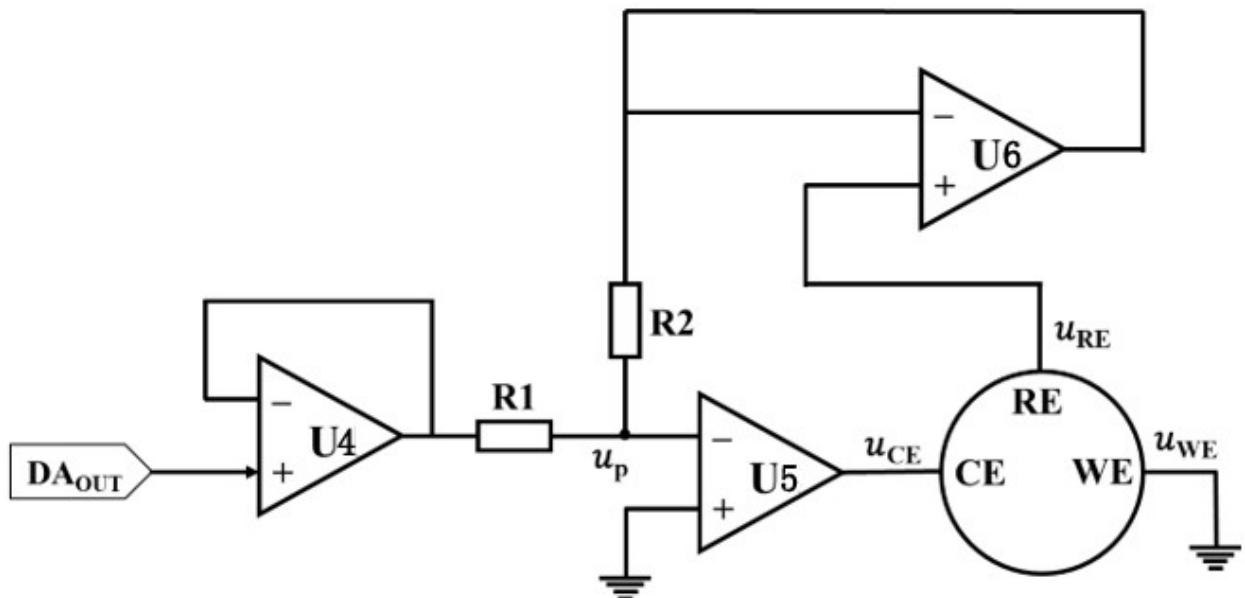


图 4

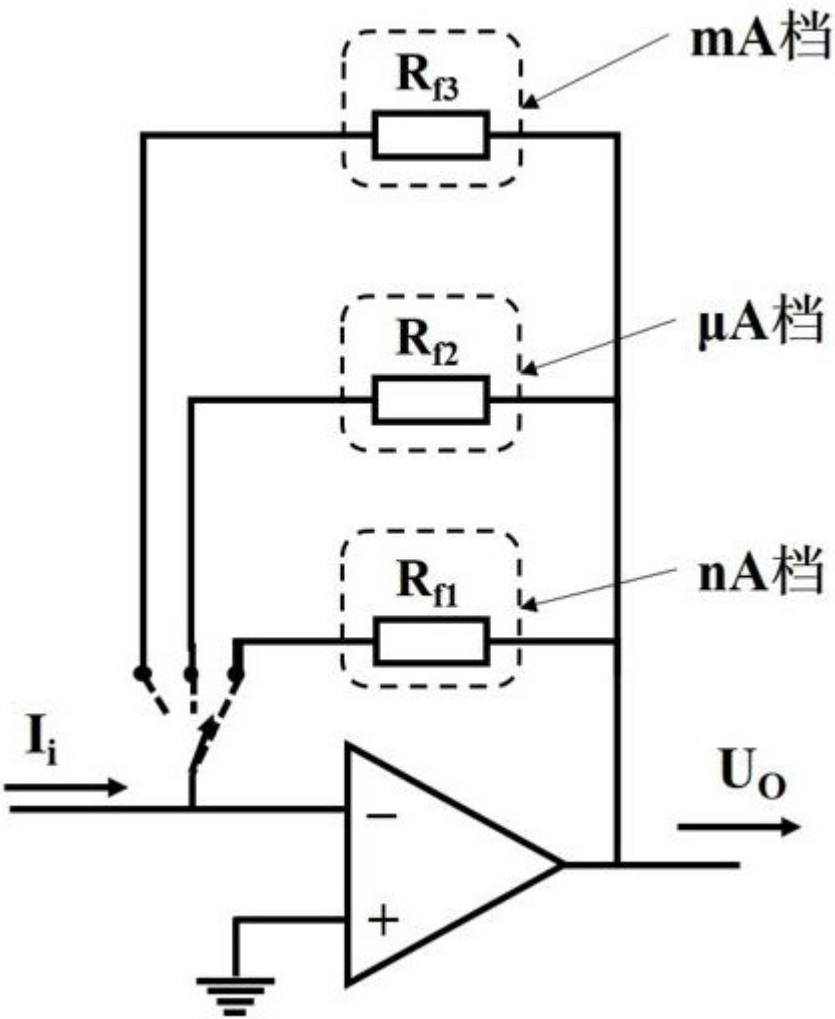


图 5



图 6

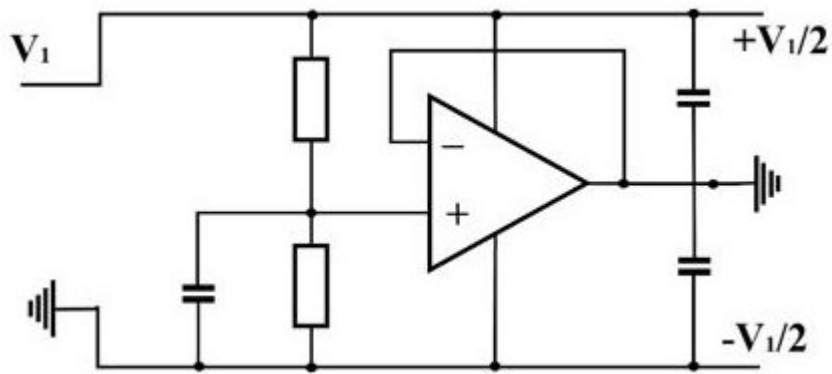


图 7

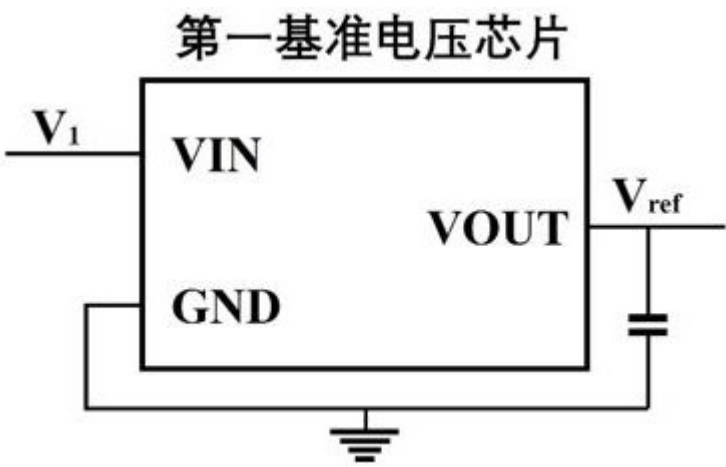


图 8



图 9

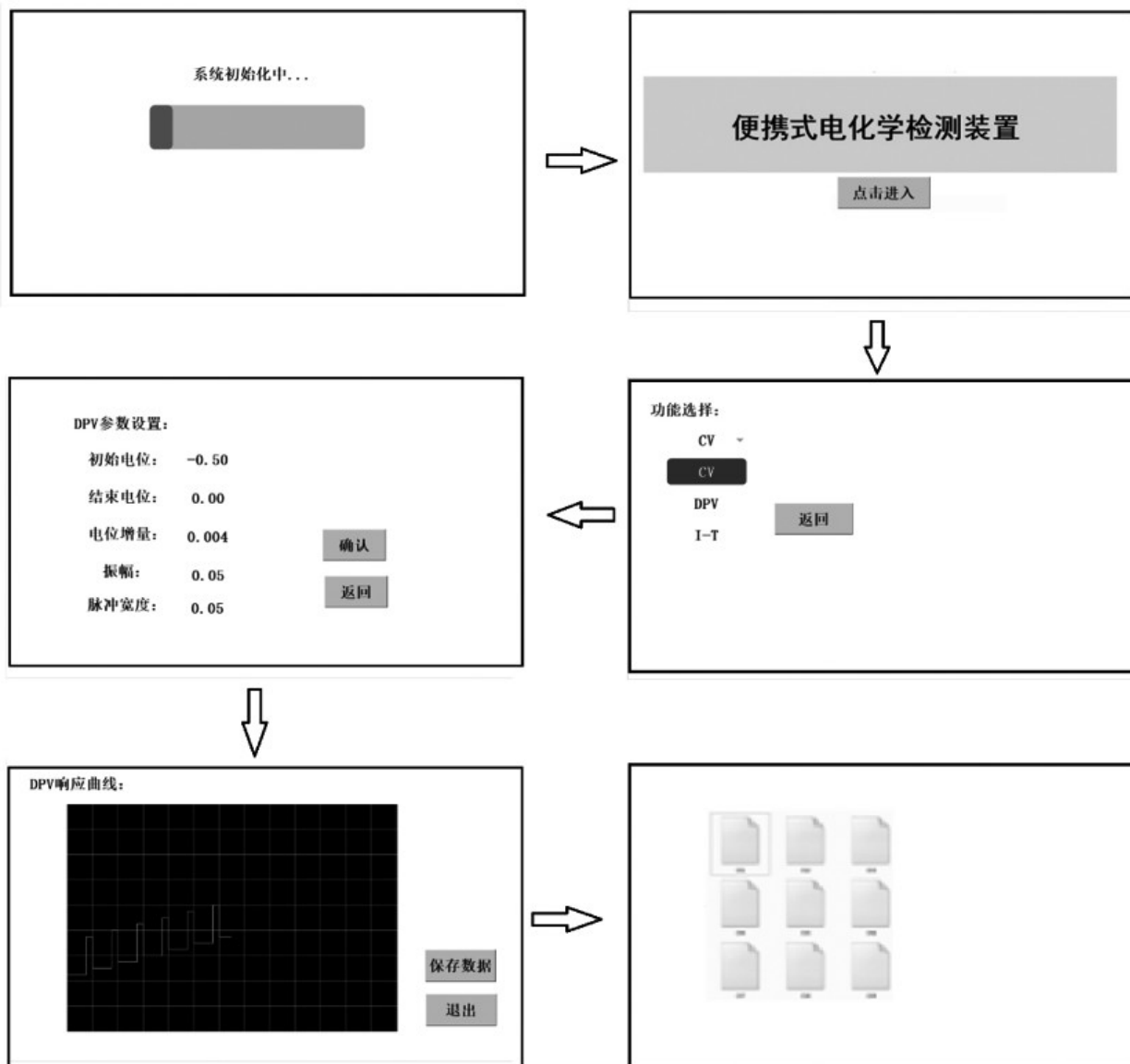


图 10