



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 92114685.X

[51] Int.Cl⁵

G01R 27/20

[43] 公开日 1993年8月25日

[22] 申请日 92.12.15
 [71] 申请人 胡学军
 地址 430063 湖北省武汉市武昌区杨园电讯村
 36-3号
 [72] 发明人 胡学军

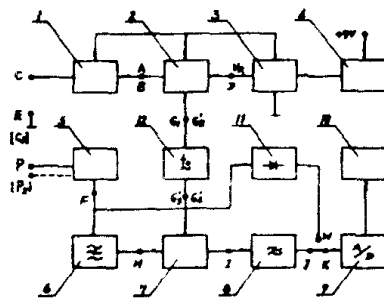
[74] 专利代理机构 湖北省专利事务所
 代理人 李双全

说明书页数: 9 附图页数: 7

[54] 发明名称 数字地阻仪

[57] 摘要

本发明涉及数字地阻仪, 其由供电电路、方波交变脉动恒流源、高阻输入缓冲器、带阻滤波器、开关同步检测器、低通滤波器、A/D转换器、显示器等组成, 方波交变脉动恒流源是可提供幅值为10mA、1mA、0.1mA或其它幅值的多值脉动恒流源, 本发明的优点是, 完全摆脱了现有接地摇表的结构模式, 运用了交变脉动恒流技术, 从而保证了测量精度, 采用中、大规模集成电路, 使装置体积小, 电路性能可靠稳定。



<36>

权 利 要 求 书

1、数字地阻仪，其特征在于采用供电电路(4)、方波交变脉动恒流源(1)、高阻输入缓冲器(5)、带阻滤波器(6)、开关同步检测器(7)、低通滤波器(8)、A/D转换器(9)，其中，直流供电电路(4)与多值直流稳压源(3)相连，多值直流稳压源(3)与多值脉动电压源(2)和方波交变脉动恒流源(1)相连，高阻输入缓冲器(5)与带阻滤波器(6)和检波器(11)相连，带阻滤波器(6)与开关同步检测器(7)相连，开关同步检测器(7)与低通滤波器(8)相连，低通滤波器(8)经转换开关K与A/D转换器(9)相连，A/D转换器(9)与数字显示器(10)相接，f₀振荡器(12)与多值脉动电压源(2)和开关同步检测器(7)配接。

2、根据权利要求1所述数字地阻仪，其特征在于，多值脉动电压源(2)由R₁、R₂、R₃、R₄、R₅、R₆、R₇、R₈，C₁、A₁、A₂、G₁、G₂等组成，其中A₁为| : |反相放大器，其输出电压为-V_r，V_r与-V_r经G₁、G₂模拟门，在G₁'、G₂'开关信号的控制下送到A₂的同相输入端，A₂是一级电流源，经开关S选择A₂反相端不同的接地电阻值，可得到流经T₁、T₂的不同电流值，这一电流在T₁、T₂的集电极交替产生所需的稳幅电压。

3、根据权利要求2所述数字地阻表，其特征在于，V_r、-V_r经过G₁、G₂，通过R₄、C₁延时后送到A₂的同相输入端，以使T₁、T₂的导通有一个足够的时间间隔。

4、根据权利要求2所述数字地阻仪，其特征在于，T₁集电极有R₅接+V₁，R₆接+V₂，T₂集电极有R₇接-V₁，R₈接-V₂，V₂的绝对值大于V₁，使得T₁截止期内其集电极电位高于+V₁，T₂截止期内其集电极电位低于-V₁，以保障T₃、T₄的交替通断。

5、根据权利要求1所述数字地阻仪，其特征在于，方波交变脉动恒流源(1)由A₃、A₄、T₃、T₄、R₉、R₁₀组成，A₃、A₄的同相输入端分别接T₁、T₂的集电极，输出端分别接T₃、T₄的基极，反相输入端分别接T₃、T₄的发射极，T₃、T₄的发射极电阻R₉、R₁₀分别接+V₁和-V₁，T₃、T₄的集电极相连，构成方波交变脉动恒流源(1)的一个电流极C，另一个电流

极为机器地E(四电极机型取名C₁)。

6、根据权利要求1所述数字地阻仪，其特征在于，三测试极机型的高阻输入缓冲器(5)由一个跟随器A₅和接在其后的检波器A₆组成，四测试极机型的高阻输入缓冲器(5)由两个跟随器A₇，A₈和一个差动放大器A₉组成。

7、根据权利要求1所述数字地阻仪，其特征在于，带阻滤波器(6)由普通的RC双T网络构成，中心频率为50Hz。

8、根据权利要求1所述数字地阻仪，其特征在于，开关同步检测器(7)由A₁₀、A₁₁、A₁₂、G₃、G₄、R₁₇、R₁₈、R₁₉、R₂₀、R₂₁、R₂₂、C₂、C₃组成，A₁₀及相应元件组成低通放大器，限制高次谐波干扰的幅度，频率由R₁₈与C₂的乘积决定，A₁₁及相关电阻构成1:1的反相放大器，A₁₀、A₁₁的输出分别加到模拟开关G₃、G₄的一个输入端，G₃、G₄的另一输出端并接后再经R₂₂、C₃至A₁₂输出，在G₃'、G₄'开关信号的控制下完成开关同步检波，由于A₁₁为1:1反相器，A₁₀以前的累积漂移误差也可在C₃上消除，R₂₂、C₃同时构成一级低通。

9、根据权利要求2或8所述数字地阻仪，其特征在于，G₁'、G₂'、G₃'、G₄'的开关控制信号是同一频率，相差固定的脉冲信号，其中G₁'与G₂'反相，G₃'与G₄'反相，频率为310Hz~610Hz之间的固定频率。

10、根据权利要求1所述地阻仪，其特征在于，多值直流稳压源3的输出电压V₁的绝对值满足下列关系式，

$$V_1 > V_0 + I_c (r_{max} + R_{cmax}) + V_s$$

其中V₀为最大允许干扰电压值

r_{max}为最大被测接地电阻值

R_c为最大电流极辅助接地电阻值

V_s为T₁、T₂三极管饱和压降

I_c为脉动恒流幅值。

数 字 地 阻 仪

本发明涉及一种测量各种接地装置的接地电阻值的检测装置，特别是一种数字地阻仪。

目前，检测接地装置的接地电阻值的仪表，主要是接地测试摇表，如北京电表厂生产的ZC—1，它采用电流电压法进行测量，该装置用手摇发电机产生测试用的交变电流，该交变电流在被测地阻上产生的交变电压经电位测试极取回表内，再与同一电流经表内互感器得到的交变电压进行比较，应用相敏检波原理，通过调节磁电式电流表指针平衡的方式，从指示刻度上读取测量结果，由于仪表放置的倾角不同及观察平衡指针视角的影响，以及操作人员摇动摇表时的晃动，使得测量读取值有较大误差。尤其是当被测试区域存在杂散地电流，或者测试中的辅助接地电阻阻值发生变化时，将严重影响测量结果的准确性，在这种情况下，测量的最大累积误差(用等级指数表示)达400%，显然，这样的误差量是不适应工程及维护工作的需要的。

本发明的目的，就是针对上述现有技术的不足，提出一种新的数字地阻仪。

本发明的技术解决方案是，其特征在于，采用了供电电路、方波交变脉动恒流源、高阻输入缓冲器、带阻滤波器、开关同步检测器、低通滤波器、A/D转换器，供电电路与多值直流稳压源相连，多值直流稳压源与多值脉动电压源和方波交变脉动恒流源配接，高阻输入缓冲器与带阻滤波器和检波器配接，检波器与A/D转换器配接，带阻滤波器与开关同步检测器相连，f₀振荡器分别与多值脉动电压源和开关同步检测器相连，开关同步检测器与低通滤波器相连，低通滤波器与A/D转换器配接，A/D转换器与显示器相接。

高阻输入缓冲器的输入端配有电位探针。

其特征在于，方波交变脉动恒流源是提供幅值为 10mA 、 1mA 、 0.1mA (或其它幅值)的多值脉动恒流源，其配有电流输出极。

其特征在于，低通滤波器通过转换开关与A/D转换器配接。

本发明的基本构思是，从一个电流极经过被测接地装置向大地注入测试电流，该测试电流是具有固定频率的交变脉动电流，再从另一电极回到本发明所提出的测量装置中，由于该电流在流经被测接地装置的接地电阻上会产生相应的交变脉动电压，这一电压被取回测量装置后，经高阻输入缓冲器送到带阻滤波器，滤除 50Hz 工频干扰，再以与交变脉动恒流相同的开关频率去控制相关的模拟开关，对取回有用的脉动电压进行开关同步检波，检波后的电信号经低通滤波器滤除与测量装置工作测试频率不同的杂乱干扰信号，确保同频差出的直流电压通过，最后将这一与被测接地装置接地电阻阻值成正比的直流电压送进A/D转换器，从数字显示器上直接读出所测接地电阻阻值。

根据这种构思，其测量步骤为：

a、由本发明的电流极送出一个频率为 f_0 的交变脉动电流 I_0 ，这一电流的正负幅值、宽度相等且为恒定值，它将被测接地装置的接地电阻 R_E 上产生一个电压 $U_0 = I_0 \cdot R_E$ 。

b、经本发明的电位输入极将地电位探针处的地电压取回本发明内，滤除 50Hz 工频信号后，在频率 f_0 的控制下进行开关检测。由于取入的电压是 U_0 和其它各种频率的杂散电压组合而成的电信号，因而以 f_0 为开关频率检出的电信号 U_X 中将会含有各种杂散电压的相应成份， $U_X = U_0 + U_A$ 。

其中 U_0 是直流信号，它是 U_0 在频率 f_0 下差出的直流成份的电信号，显然 U_0 的大小正比于 I_0 和 R_E ， U_A 为非 f_0 频率的杂散电压检出信号，其频率为： $f_0 + |f_X|$ ， $f_0 - |f_X|$ ，

$f_1, +f_{12}, f_1, -f_{12}, \dots, f_1, +f_{1n}, f_1, -f_{1n}$ ($f_{11} \sim f_{1n}$ 为工频及其它各种频率), 其幅度正比于电位探针处地电压中相应频率的电压值。

c、将 U_x 加到低通滤波器的输入端, 设定低通滤波器截止频率 f_c 远低于 U_x 频率中的最低频率, 因而在低通滤波器的输出端将得到的是一个直流电压 KU_0 (K 为低通滤波器的传输系数), 显然这个电压的大小仅取决于 I_0 和 R_E 的值, 由于 I_0 的幅度为定值, 于是就得到了一个其值仅与 R_E 相关且成线性的电压, 即 $U_c = CR_E (C = K \cdot I_0)$ 。

d、将 U_c 送入 A/D 转换器, 从数字显示器上直接读取 R_E 的值。

本发明的优点在于, 它完全摆脱了现在接地摇表的结构模式, 采用了交变脉动恒流技术, 使得用于测试的电流值保持稳定, 且去掉人力做功产生测试电流的陈旧方式, 使装置体积小操作方便, 本发明设有高阻输入缓冲器, 大大降低了电位极辅助接地电阻的改变引起的测量误差, 采用了 50 Hz 的带阻滤波器, 能使 50 Hz 工频干扰信号衰减 40 db 以上, 从而提高了装置的信噪比和测量精度, 同步开关检测使得整机抗干扰能力进一步加强, A/D 转换后的测量结果可通过显示器直接读取, 避免了人为的视觉误差。本发明使用的主要电路器件均采用通用型的大中规模集成电路, 电路性能稳定可靠, 在 0.1 ~ 2000 的范围内分辨率可达到 0.001、0.01、0.1、1, 且相对误差不超过 3%, 本发明可使用电池供电, 具有便携功能, 综上所述, 本发明是取代传统接地测试摇表的较为理想的测量装置。

图1, 本发明总体电路方框图

图2, 本发明的多值脉动电压源的电原理图

图3, 本发明的方波交变脉动恒流源的电原理图

图4, 本发明的高阻输入缓冲器的电原理图

图5, 本发明的另一种形式的高阻输入缓冲器的电原理图

图6, 本发明的带阻滤波器的电原理图

图7, 本发明的开关同步检测器电原理图

图8, 本发明的低通滤波器的电原理图

图9, 本发明的基本结构示意图

图10, 本发明的基本结构示意图的后视图

图11, 本发明的基本结构示意图的后视图A—A的剖视图

图12, 本发明的基本结构示意图的后视图的B—B向剖视图

下面根据附图描述本发明的实施例:

如图1所示, 本发明由方波交变脉动恒流源1, 多值脉动电压源2, 多值直流稳压源3, 直流供电电路4, 高阻输入缓冲器5, 带阻滤波器6, 开关同步检测器7, 低通滤波器8, A/D转换器9, 显示器10, f₀振荡器12组成。直流供电电路4采用9伏电源, 供给全机工作使用, 多值直流稳压源3与直流供电电路4配接, 多值直流稳压源3的输出端分别与多值脉动电压源2和方波交变脉动恒流源1配接, 提供不同的工作直流稳压, 多值脉动电压源2连接方波交变脉动恒流源1, 提供交变恒流所需的脉动电压, f₀振荡器12与多值脉动电压源2和开关同步检测器7配接, 分别向两单元电路提供同频控制信号。高阻输入缓冲器5分别与带阻滤波器6、检波器11配接, 带阻滤波器6与开关同步检测器7配接, 开关同步检测器7与低通滤波器8相接, 低通滤波器8和检波器11通过转换开关K与分别与A/D转换器9配接, A/D转换器9接数字显示器10。测量接地极地电阻阻值所需的测试电流由方波交变脉动恒流源1的输出端即电流极C端送出, 从另一电极E(或C₂)流回机内, 它在地电位极至接地点之间的大地内产生的相应电压, 从E(或C₂)、P端(P₁、P₂端)取回机内, 经高阻输入缓冲器5之后送到带阻滤波器6和检波器11, 检波器11用于对工频地电压的检波, 其值送入A/D转换器9转换成工频地电压值。带阻滤波器6滤除50Hz工频后, 将有用

的测试信号送入开关同步检测器7，并在频率 f_1 的控制下被检出，检出的信号再送低通滤波器8，滤除交流信号后，其有用的直流信号被送入A/D转换器9，从数字显示器10中即可直读被测地电阻阻值。

如图2所示，多值脉动电压源2由电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 、 R_6 、 R_7 、 R_8 ，模拟门 G_1 、 G_2 、反相放大器 A_1 ，电流源 A_2 ，选择开关 S 和三极管 T_1 、 T_2 组成， R_1 一端接模拟门 G_1 的输入端D， R_1 的另一端与 R_3 和 A_1 的反相端相接， A_1 的同相端通过 R_2 接机器地， R_3 的另一端接反相放大器 A_1 的输出端即模拟门 G_2 的输入端，模拟门 G_1 的控制端 G_1' 、模拟门 G_2 的控制端 G_2' 受开关信号的控制，模拟门 G_1 、 G_2 的输出端同接 R_4 ， R_4 的另一端接 A_2 的同相输入端，在 A_2 的同相输入端及机器地之间接有电容 C_1 ，在 A_2 的反相输入端接有开关 S ，通过开关 S 选择不同的接地电阻 $R_{s1} \dots R_{sn}$ ，三极管 T_1 、 T_2 的基极同接在 A_2 的输出端， R_5 、 R_6 同接在 T_1 的集电极， R_7 、 R_8 同接在 T_2 的集电极， R_5 、 R_6 分接电源 $+V_1$ 、 $+V_2$ ， R_7 、 R_8 分接电源 $-V_1$ 、 $-V_2$ ， T_1 、 T_2 两管的发射极相接于 A_2 的反相输入端。其中 A_1 为 $1:1$ 反相放大器，其输出电压为 $-V_R$ 、 V_R 、 $-V_R$ 经 G_1 、 G_2 模拟门，在 G_1' 、 G_2' 开关信号的控制下送到 A_2 的同相输入端， A_2 是一级电流源，经开关 S 选择 A_2 反相端不同的接地电阻可得到流经 T_1 、 T_2 的不同电流值，这一电流在 T_1 、 T_2 的集电极交替产生所需的稳幅电压， $R_5 = R_7$ ， $R_6 = R_8$ ，从而在 T_1 、 T_2 的集电极获得对称的交替脉动电压。经开关 S 选择的不同的 R_s 值可得到不同的脉动电压值， R_4 、 C_1 构成延时电路从而使 V_R 、 $-V_R$ 经过 G_1 、 G_2 ，通过 R_4 、 C_1 延时再送到 A_2 的同相输入端，减慢了 A_2 输出电流过零的变化率，满足 T_1 、 T_2 的导通有一个足够的时间间隔， R_5 、 R_6 、 R_7 、 R_8 与正负 V_1 、 V_2 配接。

如图3所示，方波交变脉动恒流源1，由 A_3 、 A_4 、 T_3 、 T_4 、 R_9 、 R_{10} 组成， A_3 、 A_4 的同相输入端A、B分别接 T_1 、 T_2 管的集电极，反相输入端分别接 T_3 、 T_4 管的发射极， A_3 、 A_4 的输出端分别接 T_3 、 T_4 管的基极， T_3 、 T_4 管的集电极相连构成输出端C， R_9 接在 T_3 管

的发射极与 $+V_1$ 之间， R_{10} 接在 T_4 管的发射极与 $-V_1$ 之间。随着A、B点交替脉动电压的变化， T_3 、 T_4 管交替导通截止，输出端C为方波交变脉动恒流源 I 的一个电流输出极，另一个电极即为机器地E，（若在四电极的机型中将取名为 C_2 ，电流的幅值仅与A、B点电压幅值和 R_9 、 R_{10} 的阻值有关。 V_2 的绝对值大于 V_1 ，使得 T_1 截止期内集电极电位高于 $+V_1$ ， T_2 截止期内其集电极电位低于 $-V_1$ ，以保证 T_3 、 T_4 管的交替通断。

如图4所示的高阻输入缓冲器 5 为一种三测试电极的机型电路，仅为一级运放器组成的跟随器，有一个输入端P，和一个输出端F，该运放器可采用CA3140一类的通用器件，由于跟随器的采用，使P点的输入阻抗高达 10^{11} 以上，从而极大地降低了电位测试极辅助接地电阻的改变而引起的测量误差。

如图5所示的高阻输入缓冲器 5 是一种四测电极的机型电路，由两个独立跟随器 A_1 和 A_2 与一个差动放大器 A_3 配接组成。有两个输入极P、 P_2 ，一个输出极F。

如图6所示的带阻滤波器 6 ，它是一个典型的RC双T网络结构，中心频率50Hz，在中心频率上的衰减可达10dB以上，这样能提高了被测信号的信噪比。

如图7所示，开关同步检测器 7 由 A_{10} 、 A_{11} 、 A_{12} 、 G_3 、 G_4 、 R_{17} 、 R_{18} 、 R_{19} 、 R_{20} 、 R_{21} 、 R_{22} 、 C_2 、 C_3 组成， A_{10} 及相应元件组成低通放大器，限制高次谐波干扰的幅度，频率由 R_{17} 与 C_2 的乘积决定， A_{11} 及相应电阻构成1:1的反相放大器， A_{10} 、 A_{11} 的输出分别加到模拟开关 G_3 、 G_4 的一个输入端， G_3 、 G_4 的另一输出端并接后再经 R_{22} 、 C_3 至 A_{12} 输出，在 G_3' 、 G_4' 开关信号的控制下完成开关同步检波，由于 A_{11} 为1:1反相器， A_{10} 以前的累积漂移误差也可以在 C_3 上消除。 R_{22} 、 C_3 同时构成一阶低通。由仪器输出的方波交变脉动电流在被测地电阻上产生的方波交变脉动电压与干扰信号一同进入机内，滤除工频50Hz干扰后加在B点，经 A_{10} 作同相放大后，一路直接送到模拟门 G_3 的输入端，一路又经 A_{11} 作1:1的反相后送到模拟门 G_4 的输入端， G_3' 、 G_4' 为开关控制端，其频率与

方波交变脉动电流的频率是同一频率，且 G_3' 、 G_4' 的信号是反相的。这样，在 G_3 、 G_4 模拟门输出端，除同频信号被检成直流信号外，其余一切非同频信号都变成交变信号，经 R_{22} 、 C_3 一次平滑滤波，由 A_{12} 输出。 C_2 、 R_{18} 构成一阶低通，以抑制高次谐波干扰信号的幅度。其中 G_3 、 G_4 可用CD4066模拟门。

如图8所示，低通滤波器1由 R_{23} 、 R_{24} 、 R_{25} 、 R_{26} 、 C_4 、 C_5 、 A_{13} 组成，它的截止频率由 R_{24} 、 R_{25} 、 C_4 、 C_5 决定，直流放大倍数由 R_{24}/R_{23} 决定， A_{13} 可采用CA3140一类运算放大器。

值得一提的是， G_1' 、 G_2' 、 G_3' 、 G_4' 的开关控制信号是同一频率、相差固定的脉冲信号，其中 G_1' 与 G_2' 反相， G_3' 与 G_4' 反相，频率为310Hz—610Hz之间的固定频率。

按照图1，图2，图3，图4，(或图5)，图6，图7给出的输入输出端点的相同符号将上述电路联接起来，就构成了本发明推荐的实施例的总体电路图，按照这个总体电路原理图足以再现本发明。

如图9，图10，图11，图12所示，根据本发明的技术解决方案提出的总体电路原理图(如前图1~7所示)给出的本发明基本结构，将直流供电电路4，多值直流稳压源3，多值脉动电压源2，方波交变脉动恒流源1，高阻输入缓冲器5，带阻滤波器6，开关同步检测器7，低滤波器8，A/D转换器9，显示器10，f。振荡器12，检波器11装入机壳13中，外壳13上装有量程选择开关15，电源开关16，电流启动开关23，外接直流电源插孔24，电流指示灯22，E极插孔17，P极插孔18，C极插孔19，数字显示窗21，铭牌20，量程开关15即开关S、K，它是一个多档开关，可分别选择上限量程为2、20、200和地电压测试(0~19.99V)，E、P、C极插孔分别与电路的E、P、C端点相连，外壳13由上盖35、下盖32组成，通过螺钉25、37连为一体。外壳13系塑压件，下盖32上有电池盒26，电池盒26上有电池盒盖27，从电池盒26中有电源馈线28、30引出，通过插件29、31与电路板

36相接，电路板36固定安装在外壳13内，上盖35，下盖32内表面均装有屏蔽罩28，电路板36上的机器地通过导电弹片34与下盖32上的屏蔽罩28连接，电路板36上安装有电路1~12的各种元器件。电路板36设计合理，各种元器件均为通用型，显示器采用3——位液晶显示屏，直流供电电源为9V，选用6节5号电池或通过外接直流电源插孔24外接直流电源供电。

本发明的基本测试工作情况是：根据被测接地装置的情况，设置一个辅助电流极C，一个辅助电位极P，用导线将被测地极连到仪表的E极插孔17，辅助电流极C连到仪表的C极插孔19，辅助电位极P连到电位极插孔18，接通电源用量程开关选定适当量程，启动电流，电流指示灯23明亮后，方波交变脉动恒流就由E馈入大地，从C流回仪表，并在E、P间产生相应的方波交变电压，由于电流幅度恒定，所以方波电压的幅度仅与被测地电阻阻值相关，且成正比，E、P间的这一方波电压连同干扰地电压一道从E、P端取入机内，经滤波、开关同步检测，再滤波后，得到一个直流电源 $U_c = CR_e(C = KI)$ ，I。为电流幅值，将电压 U_c 送到A/D转换器9的输入端并适当选定A/D转换器9(1CL7106)的参考电压可从数字显示器10(液晶屏)上直读出被测接地装置的接地电阻值，由于采用了高阻输入缓冲器5，极大地降低了电位测试极辅助接地电阻的变化对测试值准确度的影响，同时又因为多值直流稳压源3的输出电压 V_1 的绝对值满足下列关系式： $V_1 > V_0 + I_c(r_{max} + R_{cmax}) + V_s$ 其中： V_0 为最大允许干扰电压值，

r_{max} 为最大被测接地电阻值

R_{cmax} 为最大电流极辅助接地电阻值，

V_s 为 T_1 、 T_2 三极管饱和压降

I_c 为脉动恒流幅值。

从而能够保证在允许的最大地电压范围内的干扰电压不会对测试造成影响。

经试验表明，本发明的测量结果大大优于现有的接地电阻测试装置的准确度和精度，可以说，本发明的确是替代传统接地摇表的理想接地测试装置。

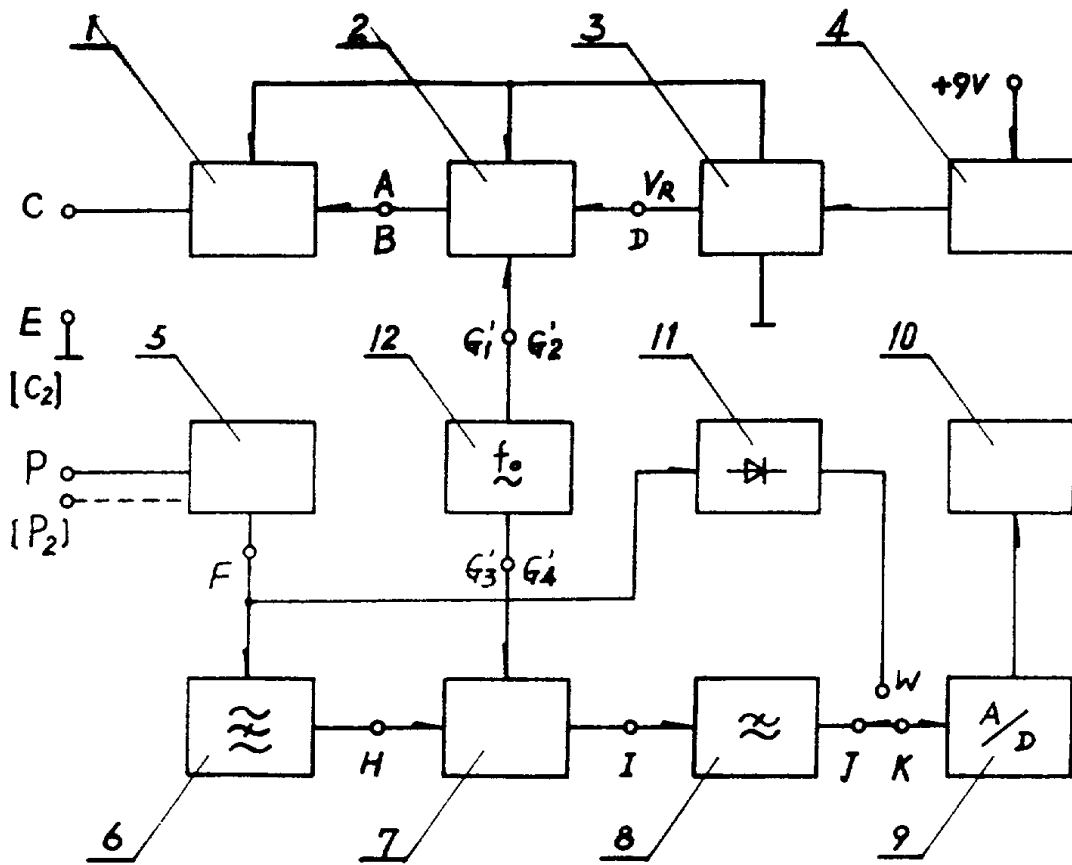


图 1

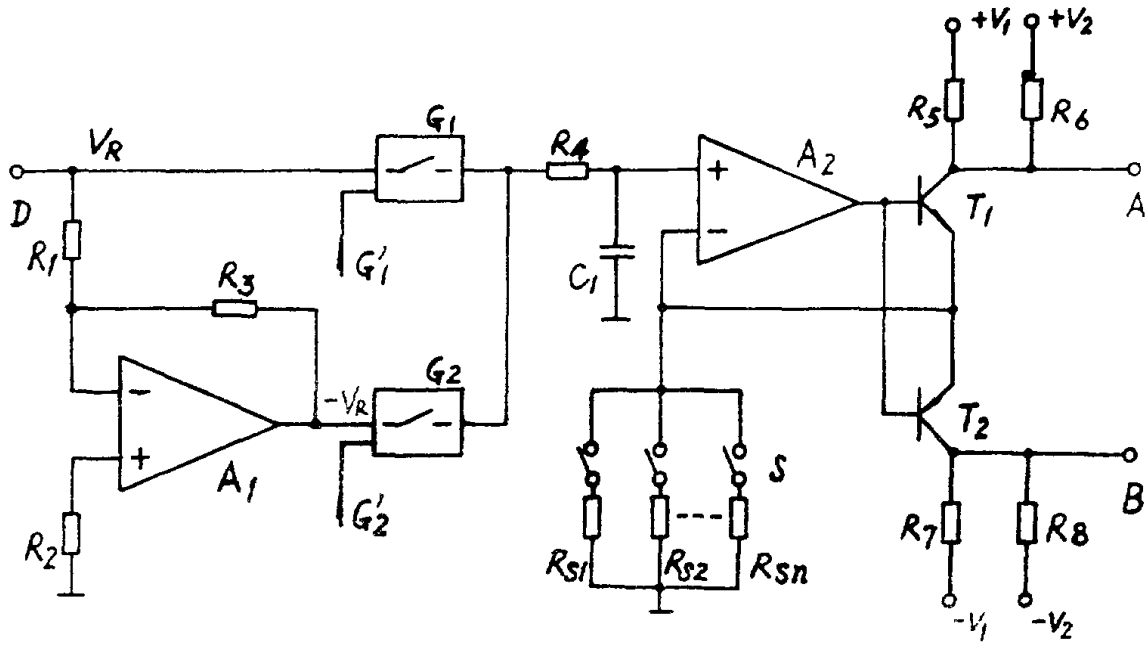


图 2

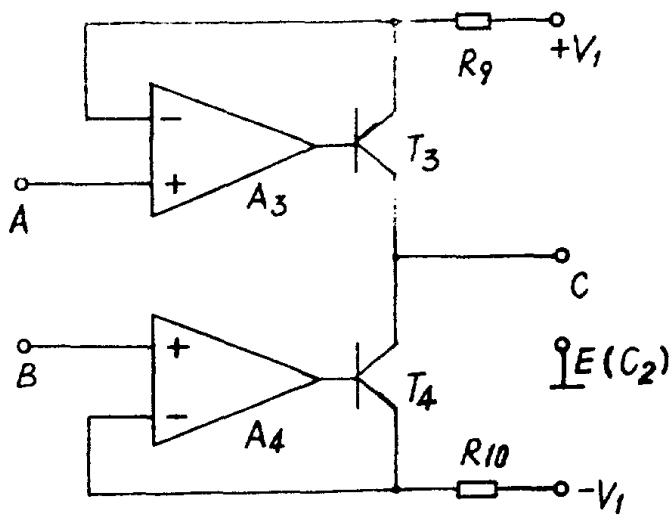


图 3

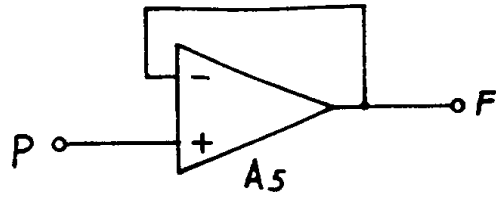


图 4

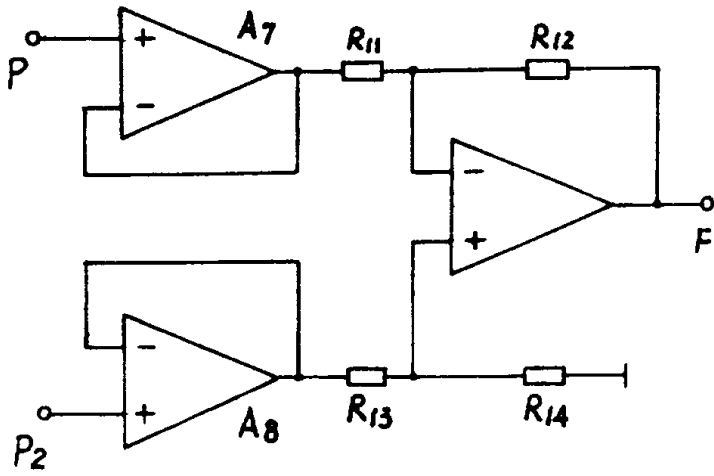


图 5

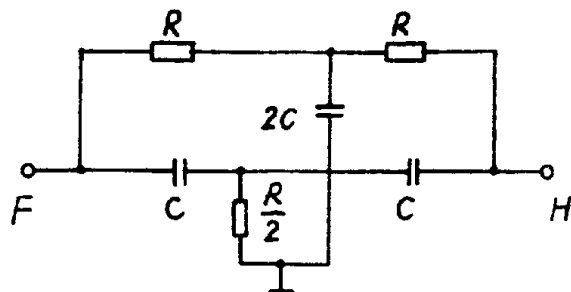


图 6

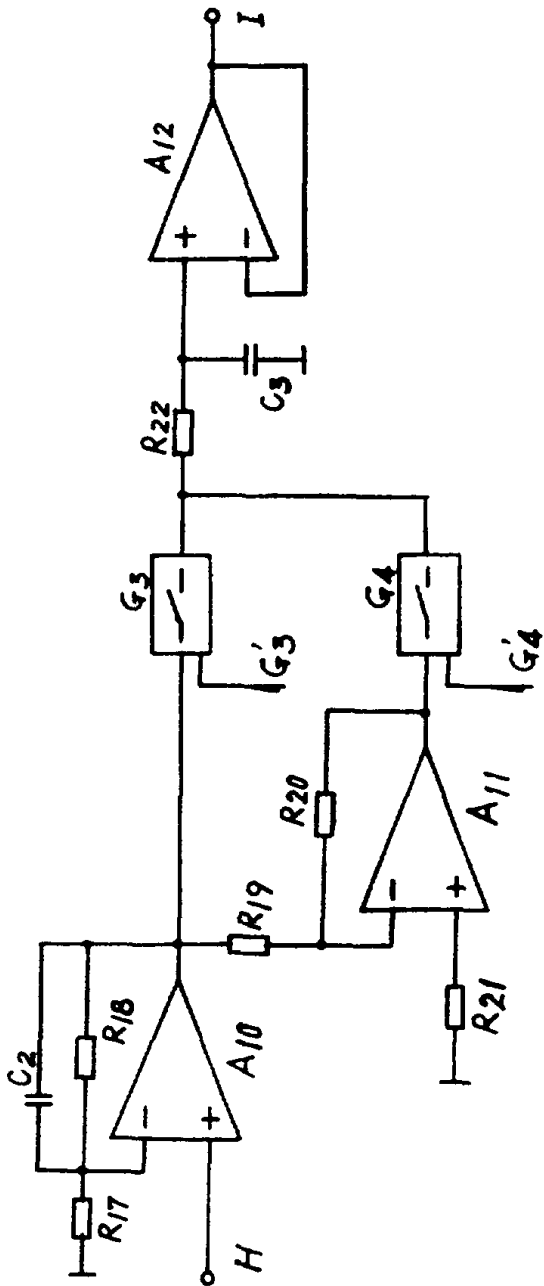


图 7

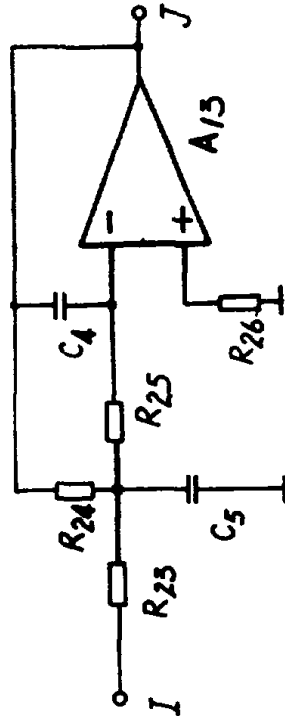


图 8

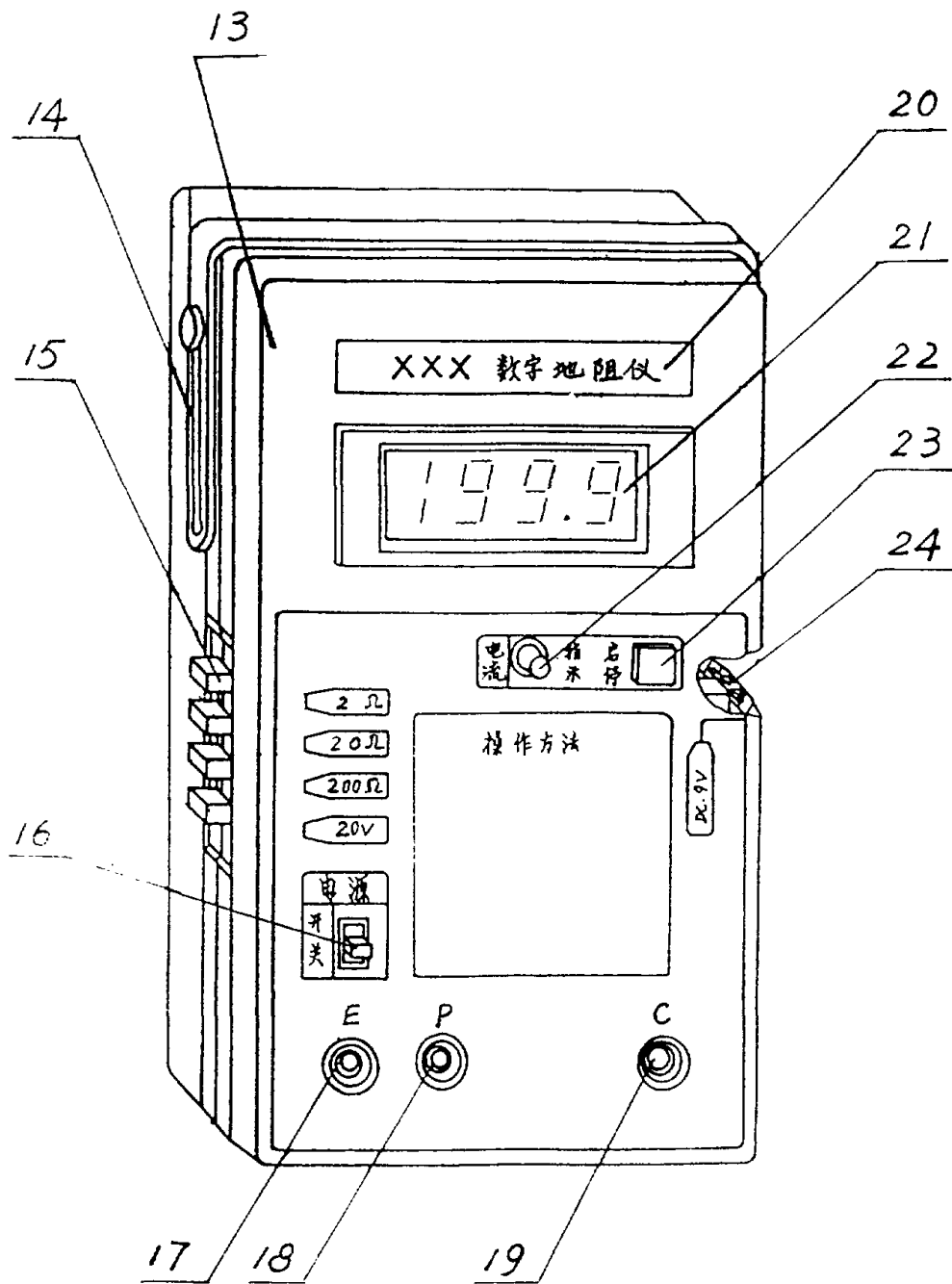


图 9

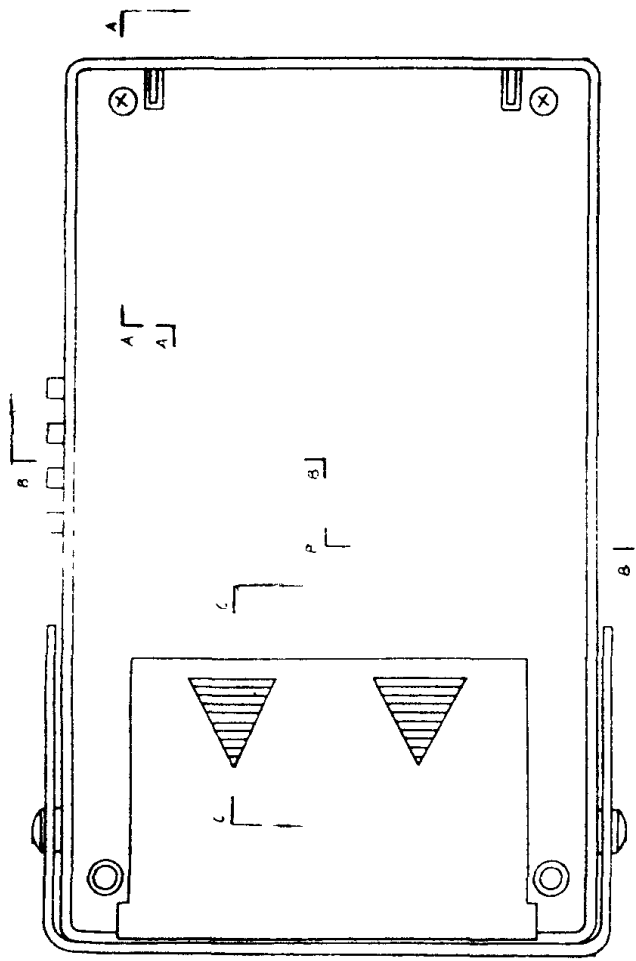


图 10

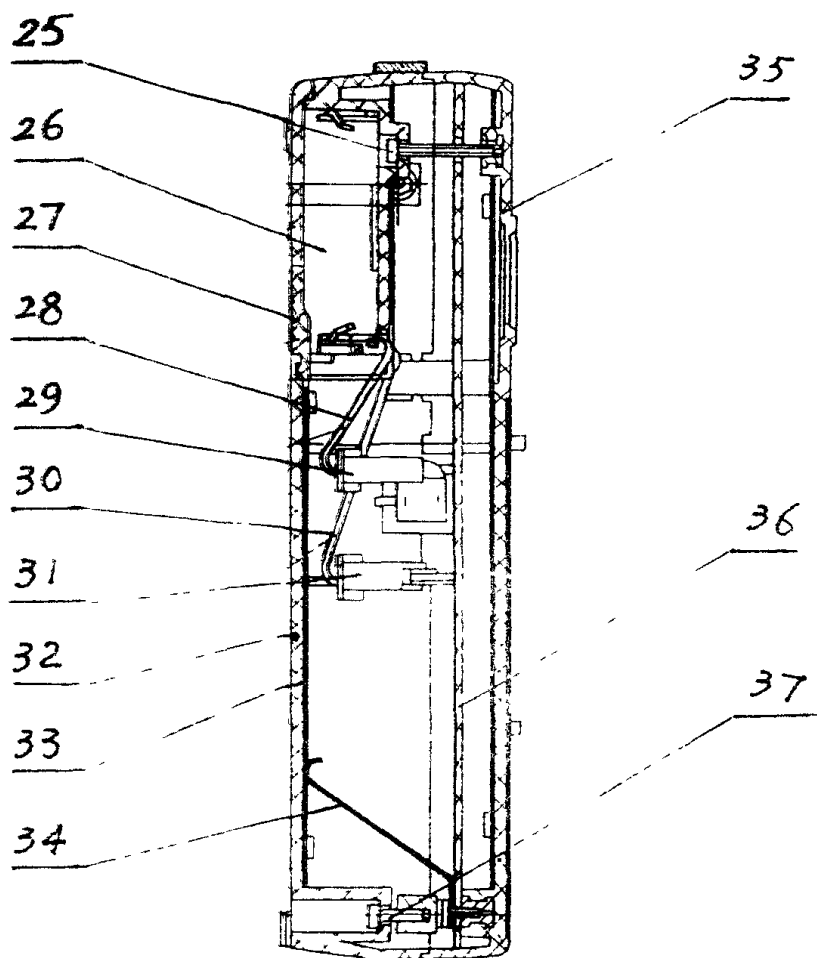


图 1 1

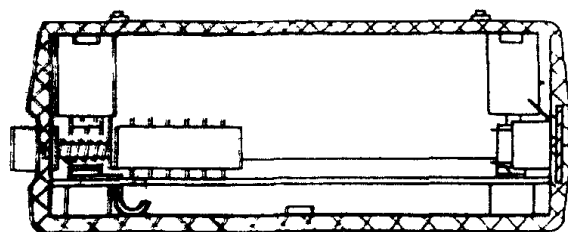


图 1 2