

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101639539 B

(45) 授权公告日 2011. 07. 20

(21) 申请号 200910169539. 9

CN 2869814 A, 2007. 02. 14, 全文.

(22) 申请日 2009. 09. 09

SU 1589232 A, 1990. 08. 30, 全文.

WO 2006029131 A, 2005. 03. 31, 全文.

(73) 专利权人 中国科学院地质与地球物理研究所

审查员 杨永康

地址 100029 北京市朝阳区北土城西路 19 号

(72) 发明人 郭建 刘光鼎 罗维炳 宋祁真

(74) 专利代理机构 北京知本村知识产权代理事务所 11039

代理人 韩富钢

(51) Int. Cl.

G01V 1/22 (2006. 01)

G01V 1/24 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 2898853 A, 2007. 05. 09, 全文.

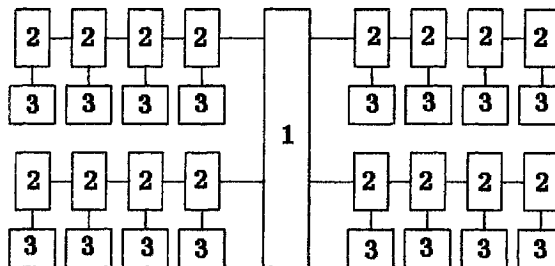
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

存储式地震信号连续采集系统

(57) 摘要

本发明涉及一种存储式地震信号连续采集系统,为解决现有地震仪采集系统动态范围窄、抗干扰能力差问题,其包括基站和数字检波器,由基站通过数据传输接口和电缆与多个并列的数字检波器相连;基站与数字检波器之间采用数据传输模块传送指令和采集数据;基站是存储式地震信号连续采集系统的控制和存储中心,控制数据传输接口和数字检波器完成地震数据的接收,并把数据存放于其内置的存储器中;数据传输接口用于完成指令的发送和采集数据的接收;数字检波器用于完成采集模拟信号并转换成数据,然后由其数据传输接口完成数据的传送。因此,具有动态范围宽、抗干扰能力强,成本低,能支持几年甚至几万道检波器采集的优点。



1. 一种存储式地震信号连续采集系统,包括与中心站没有连接和数据通信的基站和数字检波器,其特征在于由基站通过数据传输接口和电缆与多个并列的数字检波器相连;基站与数字检波器之间采用数据传输模块传送指令和采集数据;基站是存储式地震信号连续采集系统的控制和存储中心,控制数据传输接口和数字检波器完成地震数据的接收,并把数据存放于其内置的存储器中;数据传输接口用于完成指令的发送和采集数据的接收;数字检波器用于完成采集模拟信号并转换成数据,然后由其数据传输接口完成数据的传送;

基站由主控单元以及与之相连的 GPS 单元、存储单元、电源管理单元和数据传输接口组成;GPS 单元用于授时同步;存储单元使用大容量存储器;主控单元由 ARM 系列 CPU、SDRAM 存储器、USB 接口和以太网接口组成,还提供串口与 GPS 单元连接,并通过总线连接存储单元;电源管理单元把 12V 电源转换成相应电压支持 GPS 单元、存储单元、主控单元和数据传输接口;数据传输接口与外部数据传输接口为对称结构,通过鬼对供电技术进行远程供电,构成数据传送通道;

数据传输接口由 FPGA、晶振、通信隔离和鬼对供电变压器组成,FPGA 和晶振提供通信支持,变压器提供通信匹配和隔离,并作为鬼对供电变压器实现远程供电;外部数据传输接口相互串接组成数据传输通道,每个外部数据传输接口连接 30~60 个通道的数字检波器,而每个基站提供 4 个或者 4 个以上的偶数个本部数据传输接口,每个基站连接 120~240 个通道的数字检波器;

所述数字检波器一种为 A 型,是模拟检波器依次通过前置放大模块、A/D 转换模块连接控制模块,控制模块再连接数据传输接口、GPS 模块和通过 D/A 转换模块连接前置放大模块;另一种为 D 型,是 MEMS 传感器通过 ASIC 集成电路连接控制模块,控制模块再连接数据传输接口和 GPS 模块;

所述数字检波器在结构上由上盖、引出电缆、数字化板、数据传输接口板、检波器芯体、外壳和尾锥组成;数字化板、数据传输接口板和检波器芯体由上盖封装在塑料外壳内,检波器芯体引出电极连接到数字化板上,数字化板与数据传输接口板并行排列并连接,数据传输接口板引出二组电缆,进行数据传送和供电串接,尾锥安装在外壳的下端。

2. 根据权利要求 1 所述存储式地震信号连续采集系统,其特征在于所述基站还配有太阳能发供电装置。

存储式地震信号连续采集系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种地震仪的地震信号采集系统,特别是涉及一种存储式地震信号连续采集系统。

技术背景

[0002] 高精度数字地震仪是用来记录人工或天然地震信号,然后根据这些地震信号的记录来寻找油、气、煤和其他矿产资源的地质勘探仪器,并可用于探测地球内部结构、进行工程及地质灾害预测等。

[0003] 地震勘探法目前仍然是在陆地和海洋勘探石油和天然气的主要手段,同时也是其他矿产资源的重要勘探方法,并广泛应用于研究地球内部结构、工程勘探和检测、地质灾害预测等等方面。用于矿产资源地球物理勘探的数字地震仪按照数据传输方式可以分为三类:有线遥测地震仪、无线遥测地震仪、无缆存储式地震仪。

[0004] 有线遥测地震仪的特征是完全由有线系统发送指令和传送采集数据。在目前的野外实际应用中占有主导地位,占据世界地震仪市场的绝大部分份额,常用的有 Sercel 公司的 408/428 系列、ION 公司的 System IV、Scorpion 和 Aries II 系统、德国 DMT 公司的 Summit 系统、美国 WesternGeco 公司的 Uni Q 系统等。目前在我国石油和天然气勘探行业使用的仪器极大部分是从国外进口的有线遥测地震仪。

[0005] 利用无线系统发送指令和传送采集数据的仪器称为无线遥测地震仪,一般用于特殊地表条件下施工,也占有一定市场。Fairfield 公司的 BOX 系统和 Wireless Seismic 公司的 Wireless Seismic 系统均为无线遥测数字地震仪。

[0006] 无缆存储式地震仪是一种特殊类型的地震仪,其特征是:没有大线,没有地震数据传输;每个采集站接收放炮数据后自动存储,再用专门的数据回收系统把所有放炮数据从采集站中取出来。有部分仪器利用无线系统对所用的采集站发送发炮等命令,但不接收数据,不监视采集站的工作状态。

[0007] 天然地震台站的观测均采用无缆式记录系统(早期用纸剖面直接记录),在地震勘探领域,最早的无缆系统是七十年代由 Amoco 公司研制的 SGR(Seismic Group Recorder)。美国 ION 公司(原 I/O 公司)在 1999 年推出了 RSR(Remote Seismic Recorder)远程地震信号记录仪,能实现 6 个模拟检波器通道的地震数据采集。RSR 系统能与 ION 公司的 IMAGE 系统兼容,二者可以组成有线无线混合采集系统。ION 公司在 2002 年将 RSR 系统升级到 VectorSeis SYSTEM IV 系统的远程记录仪,称为 VRSR2。VectorSeis SYSTEM IV 中央控制系统有控制单元(称为 V2)、射频天线、中央收发器和中央收发器控制器构成。V2 通过射频天线与所有的 VRSR2 构成射频遥测系统,通过采集指令启动 VRSR2 采集站的数据采集,检测 VRSR2 的状态。与 RSR 的功能和结构基本相同,但不再支持模拟检波器,而是采用了三分量的 MEMS 数字检波器。

[0008] 无缆存储式地震采集站由于没有实时监视记录和常用的现场质量监控手段,所以还不能被工业界普遍接受,在我国使用也存在不符合地震作业规范等问题,到目前为止,还

没有无缆存储式地震采集站在我国进行实际地震勘探作业。但由于地震勘探的精度要求使得地震仪器的道数越来越多,据国内外专家估计,随着地震勘探精度的需求,油气工业界很快就需要 30000 道到 50000 道的仪器,到 2025 年,也许我们需要 25 万道的地震采集仪器。而对于 50000 道以上的有线采集仪器,电缆的管理和维护是非常困难的,也需要花费大量的成本。所以目前很多专家预测无缆存储式地震采集站将是下一步地震勘探仪器的发展方向。

[0009] 目前,中国所有的大型地震勘探仪器均依赖于从美国、法国等发达国家进口。由于无缆存储式地震采集站还没有被我国地球物理勘探界所接受,目前还没有国内的企业采购这种地震仪。国产的无缆存储式地震仪器也处于研制阶段,还没有正式的产品问世。

发明内容

[0010] 本发明目的在于克服现有技术的上述缺陷,提供一种动态范围宽、抗干扰能力强,能支持几年甚至几万道采集的存储式地震信号连续采集系统。

[0011] 为实现上述目的,本发明存储式地震信号连续采集系统包括与中心站没有连接和数据通信的基站和数字检波器,其特别之处在于由基站通过数据传输接口和电缆与多个并列的数字检波器相连;基站与数字检波器之间采用数据传输模块传送指令和采集数据;基站是存储式地震信号连续采集系统的控制和存储中心,控制数据传输接口和数字检波器完成地震数据的接收,并把数据存放于其内置的存储器中;数据传输接口用于完成指令的发送和采集数据的接收;数字检波器用于完成采集模拟信号并转换成数据,然后由其数据传输接口完成数据的传送。本发明存储式地震信号连续采集系统是一种基站型无缆存储式地震仪,其可用于人工和天然地震信号采集,由基站、数据传输接口和数字检波器等组成。其均在模拟地震检波器或 MEMS 传感器处直接进行了数字化改造,成为数字地震检波器,这种紧密连接方式(数字检波器直接用于完成采集模拟信号并转换成数据)避免了模拟信号在电缆上的传送,保留了弱信号的有效成分,有利于数字化单元检测到弱信号,提高了检波器的动态范围,并提高了抗干扰能力。其单个基站可以连接 120 ~ 240 个通道的数字检波器,这意味着单个基站可以作为单台地震仪使用,也可以把若干个基站组合成为几千道甚至几万道的三维地震勘探仪器使用,并且有利于采集数据的管理和野外布设。

[0012] 本发明存储式地震信号连续采集系统折中了有线地震仪器的集中式存储方式(存储方式相对简单、但需要庞大的数据传送网络)和无缆存储式地震仪分散式存储方式(不需要数据的传送,但需要在每个采集站(或采集点)安置一套存储单元和供电电源),而采用基站式相对集中存储方式,并采用了基站式供电模式,是一种低成本地震勘探仪器。

[0013] 总之,其采用数字地震检波器,并利用数传模块完成数据传送,提高了检波器的动态范围和抗干扰能力;单个基站可以连接 120 ~ 240 道的数字检波器,可以作为单台地震仪使用,也可以把若干个基站组合成为几千道甚至几万道的三维地震勘探仪器使用,有利于采集数据的管理和野外布设。其特别适用于高密度单检波器采集技术。具有动态范围宽、抗干扰能力强,成本低,能支持几年甚至几万道检波器采集的优点。

[0014] 作为优化,基站由主控单元以及与之相连的 GPS 单元、存储单元、电源管理单元和数据传输接口组成;GPS 单元用于授时同步;存储单元使用大容量存储器;主控单元由 ARM 系列 CPU、SDRAM 存储器、USB 接口和以太网接口组成,还提供串口与 GPS 单元连接,并通过

总线连接存储单元;电源管理单元把 12V 电源转换成相应电压支持 GPS 单元、存储单元、主控单元和数据传输接口;数据传输接口与外部数据传输接口为对称结构,通过鬼对供电技术进行远程供电,构成数据传送通道。如此设计,即基站由 GPS 单元、存储单元、主控单元、电源管理单元和数据传输接口等组成。GPS 单元用于授时同步,授时型 GPS 接收机可以提供 1pps 授时信号输出,可以达到 RMS20nS 的精度,足以满足仪器要求的同步精度;存储单元选用大容量存储器,如 SD 卡、电子硬盘等,要求满足存储地震数据的需要;主控单元可以由 ARM 系列 CPU(根据不同的道数采用不同的型号,原则是够用就行以降低功耗)、SDRAM 存储器、USB 接口和以太网接口(用于回收数据)等组成,还提供串口与 GPS 单元连接,通过总线连接存储单元;电源管理单元把 12V 电源转换成相应电压支持 GPS 单元、存储单元、主控单元;对外部数据传输接口和数字检波器的供电比较特殊,为了增强供电能力,电源管理单元把 12V 电源转换成 $\pm 24V$ 并通过鬼对方式为外部数据传输接口和数字检波器供电;数据传输接口与外部数据传输接口构成数据传送通道。

[0015] 作为优化,数据传输接口由 FPGA、晶振、通信隔离和鬼对供电变压器组成,FPGA 和晶振提供通信支持,变压器提供通信匹配和隔离,并作为鬼对供电变压器实现远程供电;外部数据传输接口相互串接组成数据传输通道,每个外部数据传输接口连接 30 ~ 60 个通道的数字检波器,而每个基站提供 4 个或者 4 个以上的偶数个本部数据传输接口,每个基站连接 120 ~ 数百个通道的数字检波器。如此设计,数据传输接口相互串接组成数据传输通道,每个数据传输接口可以连接 30 ~ 60 个通道的数字检波器,所以每个基站可以连接 120 ~ 240 个通道的数字检波器。

[0016] 作为优化,所述数字检波器一种为 A 型,是模拟检波器依次通过前置放大模块、A/D 转换模块连接控制模块,控制模块再连接数据传输接口、GPS 模块和通过 D/A 转换模块连接前置放大模块;另一种为 D 型,是 MEMS 传感器通过 ASIC 集成电路连接控制模块,控制模块再连接数据传输接口和 GPS 模块。即数字检波器分为 A 型和 D 型二种类型,A 型数字检波器为连接模拟检波器,由控制模块、A/D 转换模块、前置放大模块、检波器、D/A 转换模块和 GPS 模块等组成;D 型数字检波器为连接 MEMS 传感器,由控制模块、ASIC、MEMS 传感器和 GPS 模块等组成;这两种数字检波器均连接到数据传输接口传送数据。

[0017] 作为优化,所述数字检波器在结构上由上盖、引出电缆、数字化板、数据传输接口板、检波器芯体、外壳和尾锥组成;数字化板、数据传输接口板和检波器芯体由上盖封装在塑料外壳内,检波器芯体引出电极连接到数字化板上,数字化板与数据传输接口板并行排列并连接,数据传输接口板引出二组电缆,进行数据传送和供电串接,尾锥安装在外壳的下端。如此设计,即本发明装置存储式地震信号连续采集系统中的数据传输接口和数字检波器采用一体化封装,整体结构由上盖、引出电缆、数字化板、数据传输接口板、检波器芯体、外壳和尾锥等组成。数字化板、数据传输接口板和检波器芯体由上盖封装在塑料外壳内,检波器芯体引出电极连接到数字化板上,数字化板与数据传输接口板并行排列并连接,数据传输接口板引出二组电缆,进行数据传送和供电串接,尾锥安装在外壳的下端。

[0018] 作为优化,所述基站还配有太阳能发供电装置。如此设计,当基站进一步还配有太阳能发供电装置时,通过光照能及时补充电能,随时解决电能不足问题,能大大提高电源可靠性,更好地支持大规模长时间地震探测。

[0019] 本发明存储式地震信号连续采集系统的特点:1. 每个基站可以连接 120 ~ 240 个

通道的数字检波器,这意味著单个基站可以作为工程应用上的一台地震仪器使用(工程作业一般要求有 24~240 道的地震仪就可以满足要求),完成工程作业项目,也可以把若干个基站组合成为几千道甚至几万道的三维地震勘探仪器满足大型油气田勘探、煤田勘探、矿产勘探或大型工程勘察等的需要;2. 本发明均在模拟地震检波器或 MEMS 传感器处直接进行了数字化改造,成为地震数字检波器,这种紧密连接方式避免了模拟信号在电缆上的传送,保留了弱信号的有效成分,有利于数字化单元检测到弱信号,提高了检波器的动态范围,并提高了抗干扰能力。3. 所有目前商用的无缆存储式地震采集站一般只有 4 个以下通道,而本发明装置单个基站可以连接 120~240 个通道的数字检波器,有利于采集数据的管理和野外布设,特别适用于高密度单检波器采集技术。4. 由于采用了存储式架构,与有线地震仪器相比成本明显降低。与常规无缆存储式地震仪相比,由于采用了基站式的相对集中存储方式和相对集中供电方式,仪器整体成本也有明显下降。

[0020] 采用上述技术方案后,本发明存储式地震信号连续采集系统具有动态范围宽、抗干扰能力强,成本低,能支持几年甚至几万道检波器采集的优点。

附图说明

[0021] 图 1 是本发明存储式地震信号连续采集系统的电路原理图;

[0022] 图 2 是本发明存储式地震信号连续采集系统的基站电路原理图;

[0023] 图 3 是本发明存储式地震信号连续采集系统的数据传输接口电路原理图;

[0024] 图 4-5 是本发明存储式地震信号连续采集系统的两种数字检波器电路原理图;

[0025] 图 6 是本发明存储式地震信号连续采集系统的数字检波器和数据传输接口一体封装后的整体结构示意图;

[0026] 图 7 是本发明存储式地震信号连续采集系统的三维地震勘探线布设示意图。

具体实施方式

[0027] 如图所示,本发明存储式地震信号连续采集系统包括与中心站没有连接和数据通信的基站 1 和数字检波器 3,由基站 1 通过数据传输接口 2 和电缆 4 与多个并列的数字检波器 3 相连;基站与数字检波器之间采用数据传输模块传送指令和采集数据;基站是存储式地震信号连续采集系统的控制和存储中心,控制数据传输接口和数字检波器完成地震数据的接收,并把数据存放于其内置的存储器中;数据传输接口用于完成指令的发送和采集数据的接收;数字检波器用于完成采集模拟信号并转换成数据,然后由其数据传输接口完成数据的传送。其采用数字地震检波器,并利用数传模块完成数据传送,提高了检波器的动态范围和抗干扰能力;单个基站可以连接 120~240 道的数字检波器,可以作为单台地震仪使用,也可以把若干个基站组合成为几千道甚至几万道的三维地震勘探仪器使用,有利于采集数据的管理和野外布设,特别适用于高密度单检波器采集技术。

[0028] 基站 1 由主控单元 13 以及与之相连的 GPS 单元 11、存储单元 12、电源管理单元 14 和数据传输接口 2 组成;其中:

[0029] 1、GPS 单元 11 用于授时同步,选用 Fastrax 公司 IT03 OEM GPS 接收模块,特点是尺寸小(22x23x2.7mm)、功耗超低($< 95\text{mW}@2.7\text{V}$)、灵敏度非常高[-156dBm(跟踪)]、精确的 1PPS 授时信号输出可以达到 RMS20nS 的精度和价格低廉,足以满足仪器要求的同步精

度。

[0030] 2、存储单元 12 选用大容量存储器,如 32G 的 SD 卡或 120G 的电子硬盘等,以满足存储 120 道~ 240 道地震数据的需要。

[0031] 3、主控单元 13 可以由 ARM 系列 CPU(根据不同的道数采用不同的型号,原则是够用就行以降低功耗)、SDRAM 存储器、USB 接口和以太网接口等组成,其中 USB 接口和以太网接口用于数据回收,主控单元 13 还提供串口与 GPS 单元连接 11,通过总线连接存储单元 12。

[0032] 4、电源管理单元 14 把 12V 电池电压转换为 5V,3.3V,2.7V,1.8V 等相应电压供给 GPS 单元 11、存储单元 12、主控单元 13、对外部数据传输接口 2、数字检波器 3。数字检波器 3 的供电比较特殊,为了增强供电能力,电源管理单元 14 把 12V 电源转换成 $\pm 24V$ 并通过鬼对方式为外部数据传输接口 2 和数字检波器 3 供电。电源管理单元 14 随时根据主控模块的指令关闭和开启各单元的供电,检测电源剩余容量并及时报警。

[0033] 5、内部数据传输接口 2 与外部数据传输接口 2 构成数据传送通道。数据传输接口与外部数据传输接口为对称结构,通过鬼对供电技术进行远程供电,构成数据传送通道。

[0034] 数据传输接口 2 由 FPGA、晶振、通信隔离和鬼对供电变压器等组成,FPGA 和晶振提供通信支持,变压器提供通信匹配和隔离,并作为鬼对供电变压器实现远程供电;外部数据传输接口 2 相互串接组成数据传输通道,每个外部数据传输接口 2 连接 30~60 个通道的数字检波器 3,而每个基站 1 提供 4 个本部数据传输接口 2,每个基站连接 120~240 个通道的数字检波器。

[0035] 数字检波器 3 分为 A 型和 D 型二种类型,其中:

[0036] 1、A 型数字检波器为连接模拟检波器(可以为动圈式检波器、压电检波器和磁悬浮检波器等),由控制模块 31、A/D 转换模块 32、前置放大模块 33、模拟检波器 34、D/A 转换模块 35 和 GPS 模块 36 等组成;是模拟检波器 34 依次通过前置放大模块 33、A/D 转换模块 32 连接控制模块 31,控制模块 31 再连接数据传输接口 2、GPS 模块 36 通过 D/A 转换模块 35 连接前置放大模块 33。其中控制模块 31 由 C51 嵌入式 CPU 和 FPGA 等组成,前置放大模块 33、A/D 转换模块 32, D/A 转换模块 35 分别采用 Cirrus Logic 公司的 CS3301A/CS3302A、CS5371A 和 CS5376A 等模数转换套片,可以程序设置 0dB、6dB、12dB、18dB、24dB、30dB 或 36dB 的前放增益,实现 24 位模数转换,并提供 4、2、1、0.5、或 0.25 的采样率。

[0037] 2、D 型数字检波器为连接 MEMS 传感器,由控制模块 31、ASIC 集成电路 37、MEMS 传感器 38 和 GPS 模块 36 等组成。是 MEMS 传感器 38 通过 ASIC 集成电路 37 连接控制模块 31,控制模块 31 再连接数据传输接口 2 和 GPS 模块 36。

[0038] 这两种数字检波器 3 均连接到数据传输接口 2 传送数据。GPS 模块 36 同样选用 Fastrax 公司 IT03 OEM GPS 接收模块,由于 GPS 单点定位精度较低,一般为 $\pm 10m$,而地震勘探的定位精度要求在分米级,所以用单个 GPS 定位不能满足定位要求。而地震勘探的优势是几十或几百平方公里的范围内,可以布设几百甚至几万个 GPS 站点进行测量,从而形成大型 GPS 站点网络,利用这个大型 GPS 网络进行测量误差消除后,可以达到厘米级的定位精度。

[0039] 所述数字检波器 3 和数据传输接口采用一体化封装,整体结构由上盖 R1、引出电缆 4、数字化板 R3、数据传输接口板 R4、检波器芯体 R5、外壳 R6 和尾锥 R7 组成;数字化板

R3、数据传输接口板 R4 和检波器芯体 R5 由上盖 R1 封装在塑料外壳 R6 内,检波器芯体 R5 引出电极连接到数字化板 R4 上,数字化板 R3 与数据传输接口板 R4 并行排列并连接,数据传输接口板 R4 引出二组电缆 4,进行数据传送和供电串接,尾锥 R7 安装在外壳 R6 的下端。

[0040] 如图 7 所示的三维地震勘探线布设实例:设高密度单检波器勘探,要求地面采集密度为 $10\text{m}\times 20\text{m}$,单次采集面积约为 $10,000\text{m}\times 10,000\text{m}$ 。设每个基站的采集道数为 4×60 道,则在测线方向需要 9 个基站组成 1080 道,测线长度为 10790m。纵向需要 250 基站组成 500 道,宽度为 9980m。总共需要 2250 个基站,合计 270,000 道。从目前来看,27 万道的仪器成本还太高,还无法实现商用,但这也正是发展低成本仪器的动力。

[0041] 所述基站还可以进一步配有太阳能发供电装置。

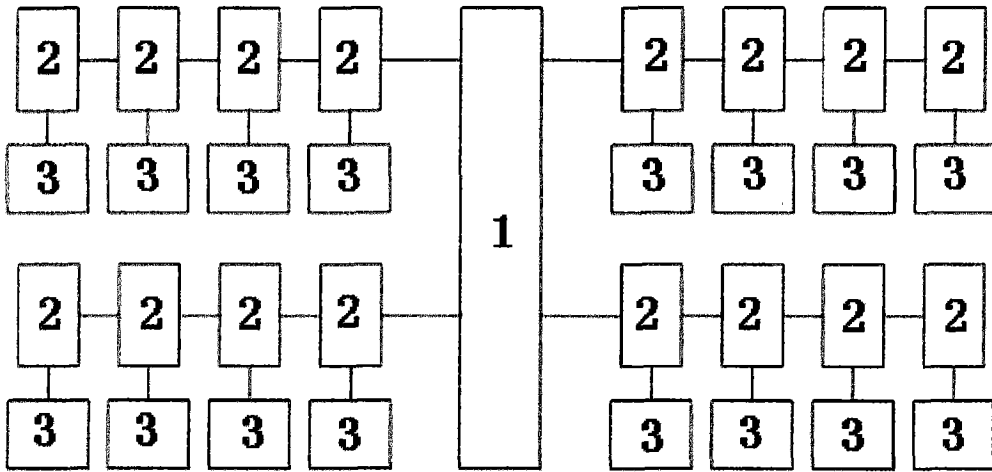


图 1

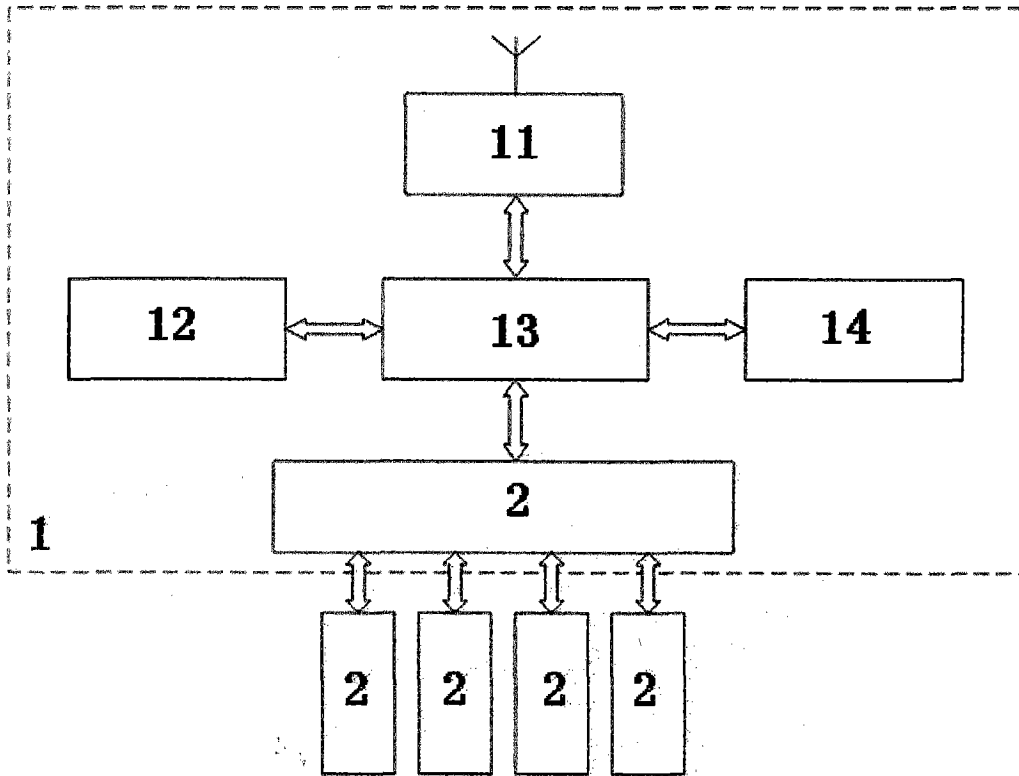


图 2

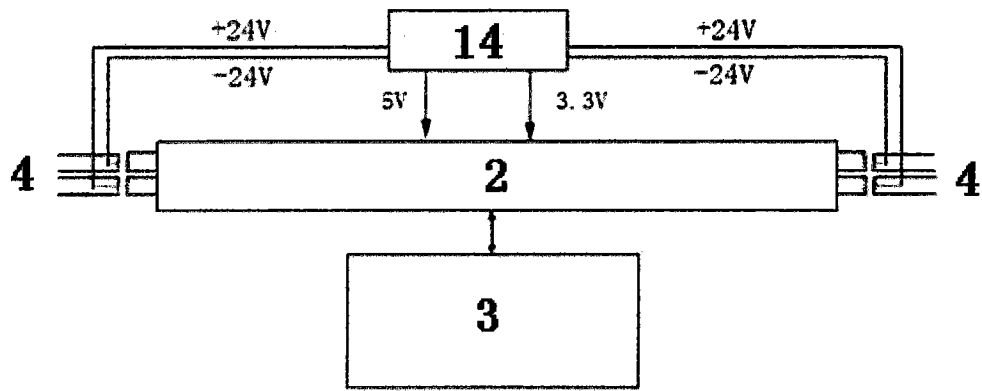


图 3

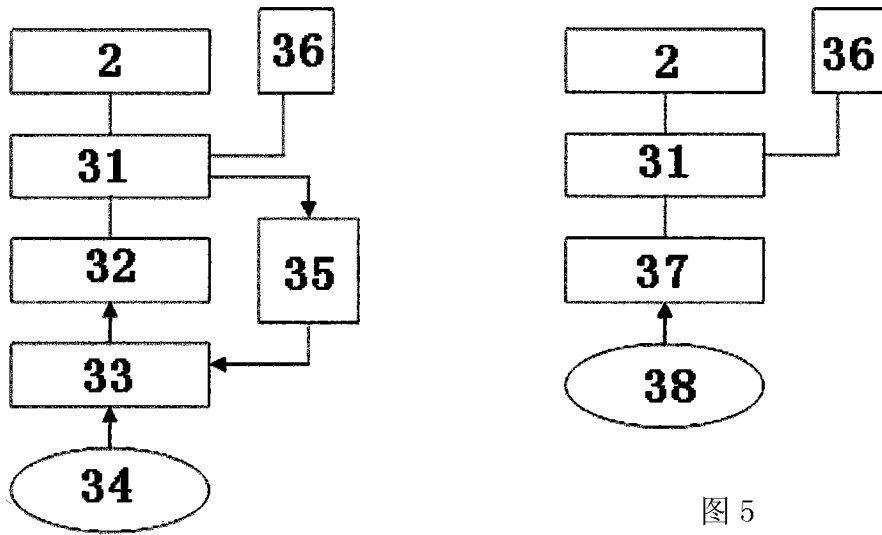


图 5

图 4

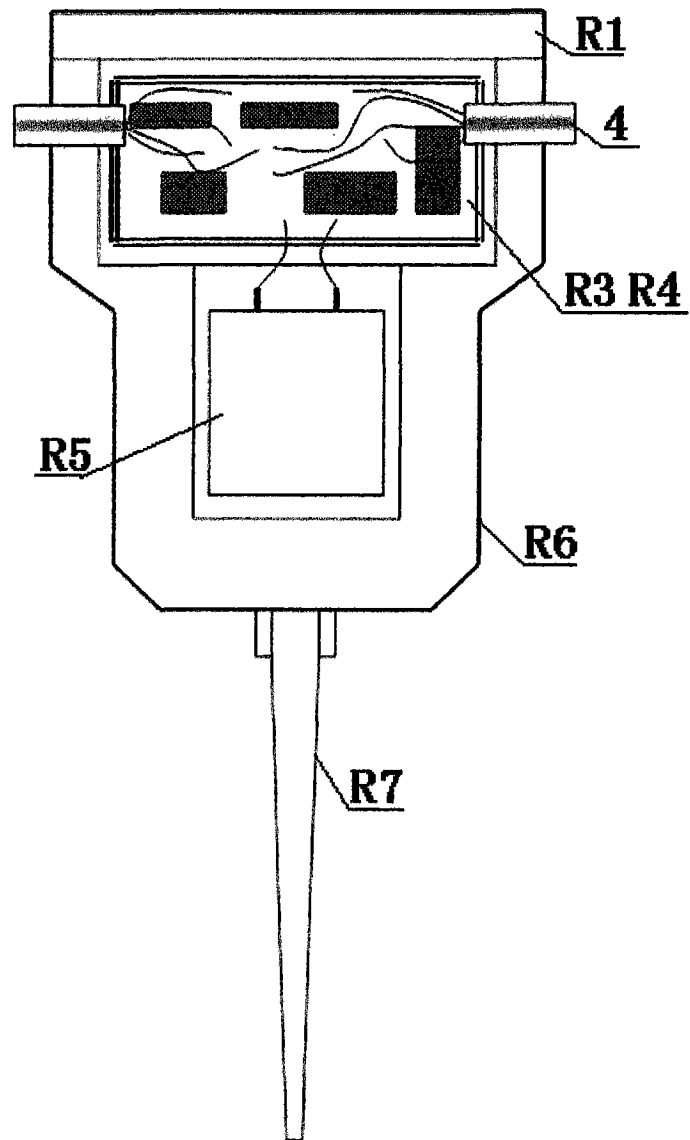


图 6

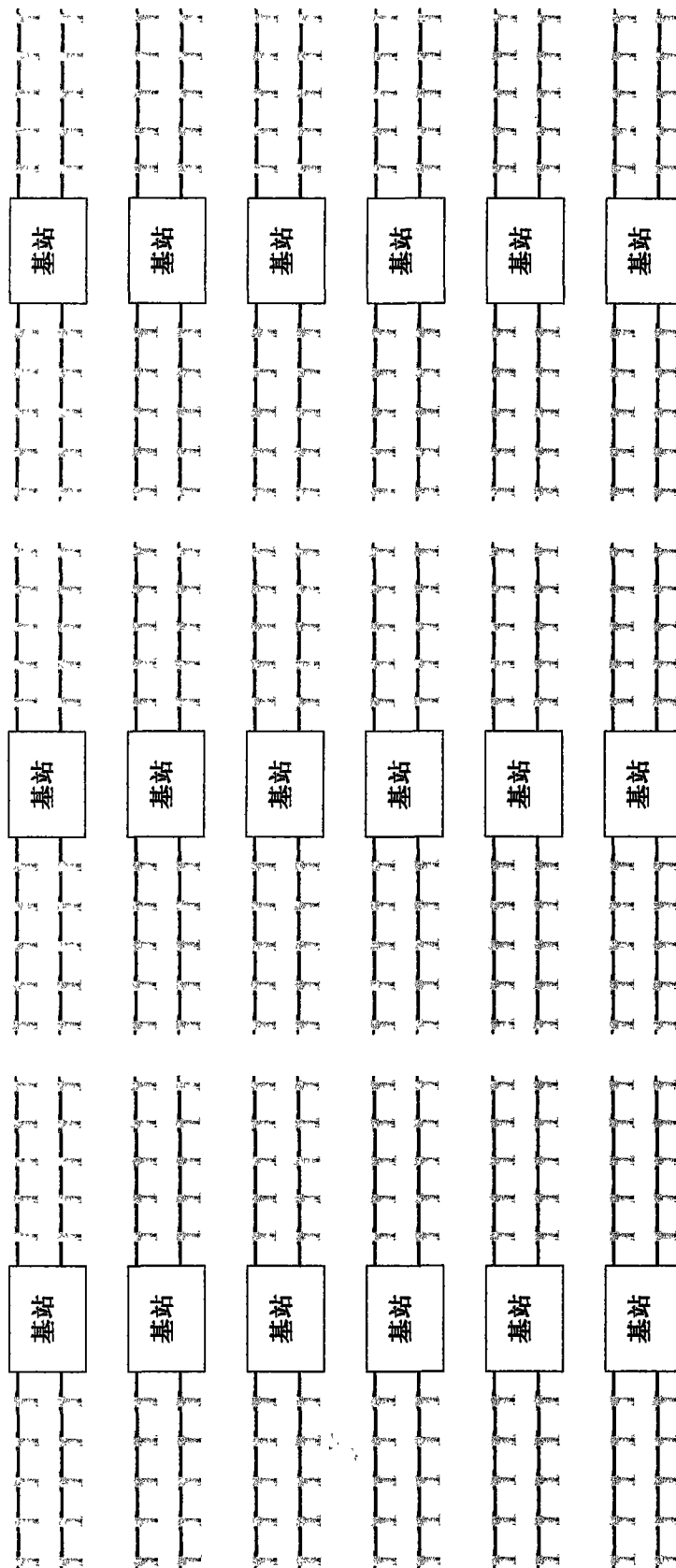


图 7