



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104181579 B

(45)授权公告日 2017.01.25

(21)申请号 201410395260.3

G01V 1/40(2006.01)

(22)申请日 2014.08.12

审查员 葛栩宏

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104181579 A

(43)申请公布日 2014.12.03

(73)专利权人 西南科技大学

地址 621000 四川省绵阳市涪城区青龙大道中段59号

(72)发明人 李怀良 庾先国 沈统 刘勇

蒋鑫 阳林锋 毛小波 贺春艳

(74)专利代理机构 北京天奇智新知识产权代理有限公司 11340

代理人 杨春

(51)Int.Cl.

G01V 1/00(2006.01)

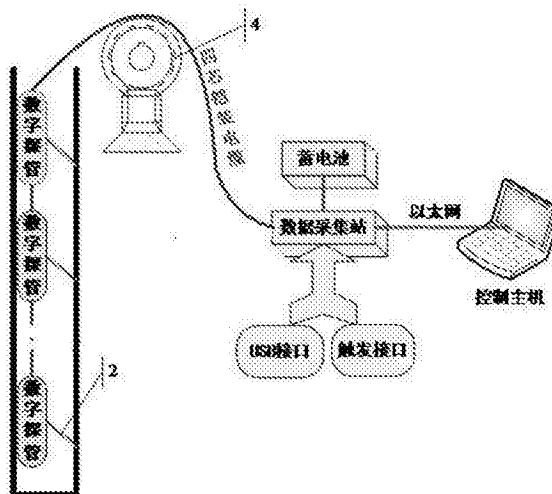
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54)发明名称

一种全数字三分量VSP系统及其测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种全数字三分量VSP系统及其测量方法,全数字三分量VSP系统由设置在井下的首尾依次相联的数字探管、设置在井上的数据采集站、控制主机以及蓄电池组成;控制主机运行网络数据采集控制应用程序,通过以太网或USB方式直接与数据采集站进行连接,并通过数据采集站间接实现对各数字探管的控制,完成包括数据采集、数据显示、数据处理、状态监测的功能。本发明利用数字化思想,从传感器、数据传输方式、探管控制方式方面,对传统VSP设备进行改进,提出一种新型全数字三分量VSP系统及其测量方法,解决已有VSP系统通信电缆笨重、施工效率低、不易扩展和裁剪、不适合浅层VSP勘探的问题,仪器具有极其灵活的系统结构,可极大提高勘探效率和精度。



1. 一种全数字三分量VSP 系统,其特征在于:包括设置在井下的首尾依次相联的数字探管、设置在井上的数据采集站、控制主机、以及蓄电池;

所述数字探管由三分量MEMS 检波器、模拟信号处理单元、模数转换单元、主控模块、RS485 地址自适应通信模块以及电机驱动单元组成,其中三分量MEMS 检波器用于拾取地震信号,经模拟信号处理单元处理、再经模数转换单元转换成数字信号后,暂存到主控模块,经打包封装后通过RS485 地址自适应通信模块上传至数据采集站,所述电机驱动单元连接推靠臂,用于推靠数字探管紧贴井壁;

所述数据采集站由第一控制器、RS485 通信模块、以太网通信模块、电源转换模块、控制存储单元、扩展USB 接口、GPS 通信接口和外部中断触发电路组成,其中RS485 通信模块和以太网通信模块分别用于其与数字探管和控制主机进行通信,电源转换模块将12V 蓄电池电压进行升压、降压以及降噪处理,为数字探管和数据采集站提供电源,控制存储单元负责RS485 与以太网的通信协议转换,并暂存数字探管和控制主机间的指令和数据,扩展USB 接口用作数据采集站和控制主机间的备用通信接口,GPS 通信接口用于连接GPS 授时模块,可获取井口的GPS 坐标和时间,外部中断触发电路用于获取外部震源产生的同步触发信号;

所述控制主机运行网络数据采集控制应用程序,实现对整个系统的状态监测、指令控制、数据显示、处理及存储功能;

数字探管中,所述模拟信号处理单元包括串联的多路模拟切换电路、同向跟随器、抗混叠滤波电路和单端转差分电路,所述模数转换单元为A/D 转换器,所述主控模块为自带存储器的第二控制器,第二控制器还与RS485 地址自适应通信模块相连;其中,信号经三分量MEMS 检波器拾取后,送入多路模拟切换电路,经同向跟随器和抗混叠滤波器以及单端转差分电路,调理为适合A/D 转换器工作的差分模拟信号后,由A/D 转换器转换为数字信号。

2. 根据权利要求1 所述的全数字三分量VSP 系统,其特征在于:数字探管和数据采集站间设有绞车,二者通过四芯铠装电缆进行连接,所述四芯铠装电缆由绞车进行下放和回收,绞车上集成有测量数字探管下放深度的光码盘。

3. 根据权利要求1 所述的全数字三分量VSP 系统,其特征在于:多路模拟切换电路还连接到由内部DAC 组成的标准信号发生器,用于对电路系统性能进行在线检测。

4. 根据权利要求1 所述的全数字三分量VSP 系统,其特征在于:第二控制器还与姿态检测电路相连,用于在线获取三分量MEMS 检波器的具体姿态信息,包括用于测量三分量MEMS 检波器某一轴向方向的电子罗盘、测量地球重力加速度在三个轴向分量的三轴加速度传感器、测量各个轴向角速度的三轴陀螺仪。

5. 根据权利要求1 所述的全数字三分量VSP 系统,其特征在于:外部中断触发电路与外部震源电器设备连接,外部震源为人工重锤激发或放炮激发,当产生震动时,其电器设备将产生高频脉冲,由外部中断触发电路接受并产生同步采集信号。

6. 根据权利要求1 所述的全数字三分量VSP 系统的测量方法,其特征在于:包括以下步骤:

(1) 打开基于以太网的网络数据采集控制应用程序,对系统运行参数进行配置,包括网络参数配置、A/D 采样参数配置、文件参数配置,其中网络参数配置包括主机IP 地址、子网掩码地址配置,A/D 采样参数配置包括设置A/D 转换器采样波特率和采样长度,文件参

数配置包括设置数据文件存储路径、存储格式以及文件名；

(2) 在网络数据采集控制应用程序中打开数据采集站和数字探管配置对话框,依次点击数字探管动态自适应地址配置按钮、探管参数配置按钮,将步骤(1)中设置的A/D 采样参数信息通过数据采集站发送给各个数字探管进行设置,并点击GPS 刷新按钮,获取当前井口坐标和时间；

(3) 在网络数据采集控制应用程序中点击打开电机按钮,依次打开数字探管的推靠臂,使数字探管与井壁紧密耦合,当所有支撑臂打开完成后,控制主机向数据采集站和数字探管发送预采样指令,等待外部震源产生的同步触发信号；

(4) 外部震源产生同步触发信号,通过数据采集站的外部中断触发电路送入第一控制器,产生同步采集指令,并通过RS485 总线和以太网分别传送至各数字探管和控制主机；

(5) 数字探管收到同步采样指令后启动数据采样进程,将三分量MEMS 检波器拾取的模拟地震信号通过A/D 转换器转换成数字信号,同时记录三分量MEMS 检波器精确方位信息并暂存于探管内部的第二控制器中的RAM 中；

(6) 控制主机收到同步采样指令后进入同步采样查询进程,通过轮询方式依次查询各数字探管是否采样完成,当所有数字探管都采样完成后,控制主机进入地震数据请求传输进程,依次向各数字探管发送数据传输请求,各数字探管收到请求后,将暂存的地震数据和方位信息分组打包按次序传给控制主机；

(7) 控制主机收到地震数据后,通过软件图形绘图模块在屏幕进行实时显示,并根据需求对观测波形进行剔道、滤波、频谱分析、存储操作。

7. 根据权利要求6所述的全数字三分量VSP 系统的测量方法,其特征在于:所述数据采样进程还包括对三分量MEMS 检波器姿态信息的采集,所述控制主机根据姿态信息对采集到的原始数据进行二维或三维地震数据方位校正。

一种全数字三分量VSP系统及其测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及地球物理勘探仪器领域,具体涉及一种可用于油气勘探和工程地震勘探中的全数字三分量VSP系统及其测量方法。

背景技术

[0002] VSP(垂直地震剖面)作为当前比较有效的地震勘探技术,具有常规地面地震勘探不可比拟的分辨率高和信噪比高的特点,越来越受到国内外油气行业的青睐。VSP仪器的发展经历了从最初的分量到三分量、单级到多级、地面模数转换到井下模数转换、模拟传输到数字传输的过程。随着VSP技术的发展,其在复杂构造和岩性勘探及油气田开发领域发挥越来越重要的作用。VSP技术在继续完善常规技术的基础上,其数据采集方式明显增多,施工效率明显提高,所提供的地球物理信息在数量、种类和精度方面也都有了显著的提高。为了适应不同的勘探地质目的,可以设计出各种各样的观测系统,这些新的观测方式,为解决储层精细构造、储层描述和储层预测等提供了更大的发展潜力。近几年来,VSP技术的独特优势已受到工程物探界的重视,在工程物探的应用中主要用于地面地震反射层位标定和速度结构的高精度成像方面,且在国内外都有一些地层浅部结构和断层探测中的应用实例。

[0003] 当前多数VSP地震仪主要是针对深井VSP勘探使用设计的,仪器普遍体积庞大,比较笨重,功耗较高,施工工序复杂,不适合直接应用于浅层地震勘探及工程地震勘探。世界上现阶段用于VSP的地震仪,国外的主要有美国的NZ-II和德国的SUMMIT地震仪,国产的有GDZ24;它们都还是集中式采集的地震仪,只能用模拟电缆把井下模拟地震信号传输到地面再集中进行放大、采样。这些地震仪基本只能完成地震信号采集功能。

[0004] 统观国内外VSP仪器的发展,VSP勘探系统由单分量向三分量的发展已成为一种趋势,3D3C VSP地震勘探已成为目前国内外主要大型油气田地震勘探的主流方法,广泛应用在各种大型油气田勘探的实际生产中。检波器是VSP系统的主要设备之一,用来直接拾取弱地震信号,随着传感器技术的发展,尤其是以高精度MEMS加速度传感器为代表的电子检测系统在各领域的广泛应用,对传统地震勘探设备的更新升级提供了重要的技术基础。将高精度MEMS传感器应用于数字VSP测井系统,它具有机械式传感器所不能比拟的性能优势,成为新型地震勘探仪器设计的主流;目前VSP勘探设备一般采用模拟电缆,将多组检波器拾取到的模拟地震信号直接传送到采集主机,并进行集中转换与处理的“集中式”数据采集系统,通常由于传输电缆较长,信号在传输过程中会产生多种高频干扰,甚至引入与地震信号处于相同频段的假频信号(很难通过常规滤波方法滤除),并进一步导致整个系统无法正常工作,同时由于采用多个检波器共用一条传输电缆,不但会引入不必要的道间串音,组装、维护都极为困难,并且现有三维VSP设备无法实现对井下探管进行操纵和状态检测,同时数字传输的方式能大大提高设备的抗干扰能力。

[0005] 鉴于VSP技术在地震勘探中的多种优势,虽然国外在该领域已经有了相关产品,但多数仪器为专用于深层油气田的大型地震勘探,专门针对浅层地震勘探及工程地震勘探的VSP系统还比较少,而国内由于VSP应用研究起步较晚,基本上还没有真正意义上的具有自

主知识产权的VSP测井系统及相关产品,针对国内油气勘探行业及其他工程地震勘探领域对VSP系统的巨大需求,以及在实际应用生产中不得不大量依赖于进口设备的事实,成功研制出具有我国自主知识产权的高性能、低功耗、便携式三分量数字VSP系统。

[0006] 名词解释:VSP,也称为垂直地震剖面。

发明内容

[0007] 本发明的目的就在于提供一种解决已有VSP系统通信电缆笨重、施工效率低、不易扩展和裁剪、不适合浅层VSP勘探的问题,具有功耗低、可靠性高、抗干扰能力强、勘探效率高、适合浅层地震勘探的全数字三分量VSP系统及其测量方法。

[0008] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案是这样的:

[0009] 一种全数字三分量VSP系统,包括首尾依次相联的数字探管、数据采集站、控制主机以及蓄电池。

[0010] 其中数字探管设置在井下,由三分量MEMS检波器、模拟信号处理单元、模数转换单元、主控模块、RS485地址自适应通信模块以及电机驱动单元组成,三分量MEMS检波器用于拾取地震信号,经模拟信号处理单元处理、再经模数转换单元转换成数字信号后,暂存到主控模块,经打包封装后通过RS485地址自适应通信模块上传至数据采集站,电机驱动单元连接推靠臂,用于推靠数字探管紧贴井壁。

[0011] 数据采集站由第一控制器STM32F407、RS485通信模块ADM2582E、以太网通信模块DP83848、电源转换模块、控制存储单元、扩展USB接口、GPS通信接口和外部中断触发电路组成,其中RS485通信模块ADM2582E和以太网通信模块DP83848分别用于其与数字探管和控制主机进行通信,电源转换模块将12V蓄电池电压进行升压、降压以及降噪处理,为数字探管和数据采集站提供电源,控制存储单元负责RS485与以太网的通信协议转换,并暂存数字探管和控制主机间的指令和数据,扩展USB接口用作数据采集站和控制主机间的备用通信接口,GPS通信接口用于连接GPS授时模块,可获取井口的GPS坐标和时间,外部中断触发电路用于获取外部震源产生的同步触发信号。

[0012] 控制主机运行网络数据采集控制应用程序,用于对整个系统的状态监测、指令控制、数据显示、处理、存储功能。

[0013] 数字探管和数据采集站间设有绞车,二者通过四芯铠装电缆进行连接,所述四芯铠装电缆由绞车进行下放和回收,绞车上集成有测量数字探管下放深度的光码盘。

[0014] 数字探管中,模拟信号处理单元包括串联的多路模拟切换电路、同向跟随器、抗混叠滤波电路和单端转差分电路,模数转换单元为A/D转换器,主控模块为自带存储器的第二控制器STM32F405RG,第二控制器STM32F405RG还与RS485地址自适应通信模块相连;其中,信号经三分量检波器拾取后,送入多路模拟切换电路,然后经同向跟随器和抗混叠滤波器以及单端转差分电路,调理为适合A/D转换器工作的差分模拟信号后,由A/D转换器转换为数字信号。

[0015] 多路模拟切换电路还连接到由内部DAC组成的标准信号发生器,用于对电路系统性能进行在线检测。

[0016] 第二控制器STM32F405RG还与姿态检测电路相连,用于在线获取三分量MEMS检波器的具体姿态信息,包括用于测量三分量MEMS检波器某一轴向方向的电子罗盘、测量地球

重力加速度在三个轴向分量的三轴加速度传感器、测量各个轴向角速度的三轴陀螺仪。

[0017] 外部中断触发电路与外部震源电器设备连接,外部震源为人工重锤激发或放炮激发,当产生震动时,其电器设备将产生高频脉冲,由外部中断触发电路接受并产生同步采集信号。

[0018] 一种全数字三分量VSP系统及其测量方法,包括以下步骤:

[0019] (1)打开基于以太网的网络数据采集控制应用程序,对系统运行参数进行配置,包括网络参数配置、A/D采样参数配置、文件参数配置,其中网络参数配置包括主机IP地址、子网掩码地址配置,A/D采样参数配置包括设置A/D转换器采样波特率和采样长度,文件参数配置包括设置数据文件存储路径、存储格式以及文件名;

[0020] (2)在网络数据采集控制应用程序中打开数据采集站和数字探管配置对话框,依次点击数字探管动态自适应地址配置按钮、探管参数配置按钮,将步骤(1)中设置的A/D采样参数信息通过数据采集站发送给各个数字探管进行设置,并点击GPS刷新按钮,获取当前井口坐标和时间;

[0021] (3)在网络数据采集控制应用程序中点击打开电机按钮,依次打开数字探管的推靠臂,使数字探管与井壁紧密耦合,当所有支撑臂打开完成后,控制主机向数据采集站和数字探管发送预采样指令,等待外部震源产生的同步触发信号;

[0022] (4)外部震源产生同步触发信号,通过数据采集站的外部中断触发电路送入第一控制器STM32F407,产生同步采集指令,并通过RS485总线和以太网分别传送至各数字探管和控制主机;

[0023] (5)数字探管收到同步采样指令后启动数据采集进程,将三分量MEMS检波器拾取的模拟地震信号通过A/D转换器转换成数字信号,同时记录数字探管精确方位信息并暂存于探管内部的第二控制器STM32F405RG中的RAM中;

[0024] (6)控制主机收到同步采样指令后进入同步采样查询进程,通过轮询方式依次查询各数字探管是否采样完成,当所有数字探管都采样完成后,控制主机进入地震数据请求传输进程,依次向各数字探管发送数据传输请求,各数字探管收到请求后,将暂存的地震数据和方位信息分组打包按次序传给控制主机;

[0025] (7)控制主机收到地震数据后,通过软件图形绘图模块在屏幕进行实时显示,并根据需求对观测波形进行剔道、滤波、频谱分析、存储等操作。

[0026] 采样进程还包括对三分量MEMS检波器姿态信息的采集,所述控制主机根据姿态信息对采集到的原始数据进行二维或三维地震数据方位校正。

[0027] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0028] (1)本发明系统设计合理,构思巧妙,设计流程简洁,施工方便。

[0029] (2)本发明改进传统VSP系统采用汽缸的机械推靠臂的方式为直流电机结构,各数字探管可任意拆卸组装,具有极强的灵活性,且维护方便,可极大降低施工难度和施工成本。

[0030] (3)本发明采用单根四芯铠装电缆改进传统VSP的三根模拟传输电缆、密封气管、承重钢缆,进一步降低仪器体积和重量。

[0031] (4)本发明采用方位获取装置实时获取井下三分量MEMS检波器的方位信息,用于对原始地震数据进行三分量方位矫正,可极大提高数字采集质量,提高信噪比,使地震记录

图波形同向轴清晰,提高后续数据处理和解释精度与准确度。

[0032] (5)数据采集站和控制主机采用以太网或USB通信方式,通信效率高,且控制主机可充分利用以太网的方式对数据采集站进行远程控制,提高施工效率。

[0033] (6)系统集成度高,包括参数配置、指令控制、数字探管控制、数据采集、数据显示、数据预处理、滤波、频谱分析、存储、方位矫正等所有操作均可在控制主机的网络数据采集控制应用程序中进行操作。

附图说明

[0034] 图1为本发明实施例示意图。

[0035] 图2为数字探管内部采集板原理图。

[0036] 图3为单道信号采集板原理框图。

[0037] 图4为检波器姿态检测原理框图。

[0038] 图5为RS485通信与自适应动态地址配置原理框图。

[0039] 图6为移动控制终端自适应动态地址配置流程图。

[0040] 图7为数字探管外壳机械设计图。

[0041] 图8为数字探管电机驱动及推靠臂检测原理框图。

[0042] 图9为系统供电电源分配方案框图。

[0043] 图10为数字探管供电电路原理框图。

[0044] 图11为数据采集站以太网通信原理框图。

[0045] 图12为数据采集站供电电源分配方案框图。

[0046] 图13为数据采集站供电电路原理框图。

具体实施方式

[0047] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明,本发明的实施方式包括但不限于下列实施例。

[0048] 参阅图1,一种全数字三分量VSP系统,由控制主机、数据采集站、相互级联的数字探管以及辅助设备组成,辅助设备包括电源、绞车4、铠装电缆、外部震源。当数据采集站在捕获到人工震源信号后同时向控制主机和数字探管发送同步采集指令,信号依次传递于四芯铠装电缆(RS485总线)、数字探管、双绞线、控制主机,数字探管收到同步采集指令后,启动A/D转换器,将各三分量MEMS检波器拾取的模拟地震信号转换成数字信号后,暂存于数字探管内部缓存,等待控制主机的数据访问。当所有数字探管都采集完成后,控制主机依次轮询访问各数字探管,完成数据的上传。

[0049] 参阅图2,作为信号采集的关键部分,井下数字探管在收到同步采集指令后,启动系统的信号采集功能,整个过程如下:当三分量MEMS加速度传感器拾取到信号后,送入多路模拟切换电路,然后经过同向跟随器,增大信号调理模块的输入阻抗,并提高信号获取与传输能力,再经过抗混叠滤波器滤掉高频成分,保证采集的信号不会出现假频,同时由于滤波器部分采用放大器来实现,因此在此部分对采集电路中的模拟电路和数字电路起到相互隔离的作用,保证后级的数字信号不会对前级的模拟电路产生影响;由于信号在经过滤波后仍是单端信号,而A/D转换器的信号输入部分为差分输入,因此必须将单端信号转换为A/D

转换器需求的差分信号,并由24位A/D转换器将信号进行模数转换,进而存入第二控制器STM32F405RG的存储器内,整个采集过程完成后通过RS485总线将数据传送至数据采集站,数据采集站经以太网传送给控制主机。

[0050] 参阅图3,地震信号的拾取采用低噪声、高精度、高动态范围的MEMS加速度检波器,由于MEMS加速度检波器具有比模拟检波器更高的动态范围(MEMS动态范围可达120dB,而模拟的动圈式检波器动态范围仅为70dB),尤其是具有更好的低频响应(通常MEMS加速度计响应带宽最低可以到0Hz),使得其记录的地震波范围也更广,同时由于MEMS加速度内部不像动圈式检波器存在电磁感应的功能部件,因此也具有更好的抗电磁干扰能力;系统自检测试电路利用第二控制器STM32F405RG的标准DAC输出外设,产生标准30Hz正弦信号、占空比为12.5%的脉冲信号以及直流信号,通过内部多路模拟切换开关ISL43240,将检波器信号输入端口切换到标准信号源,对标准信号进行数据采集,并通过多种测试计算方法及频谱分析,计算相关参数指标,实现对系统的工作参数、性能参数等进行在线测试,实时监控系统工作状态,提高VSP数据采集的可靠性与稳定性;利用极低偏置电流运放OPA27227构建同向跟随器,增大输入阻抗,实现前级传感器与后级信号处理调理电路的完美耦合;并利用OPA27227的另外一组运放,构建了一个巴特沃斯二阶有源低通滤波器,可有效滤除电路中的高频噪声,提高信噪比。

[0051] 参考图3,单端转差分芯片采用低失真的差分放大器AD8138来实现,主要将AD8138的四个反馈端的反馈电阻设置为相同的参数值,将放大器配置为射极跟随器的形式,保证原始信号在没有被放大或衰减的情况下通过该部分;A/D转换器部分由于要求采样率是可调的,且必须满足高分辨率的要求,因此电路中采用24位高分辨率、最大采样率为30kpsps、高达23Bits的无噪声精度的ADS1255进行设计,ADS1255可配置为2个单极输入或1个差分输入,内含低噪声增益可编程放大器(PGA),并带有多路选择器、可编程数字滤波器、传感器检测功能。考虑到地震信号的动态范围,A/D转换器的参考源由REF191提供,参考电压为2.048V,可转换范围为-4.096V~+4.096V;A/D转换器和第二控制器STM32F405RG之间采用SPI通信,最高可靠通信速率小于2.5Mbps,第二控制器STM32F405RG通过第22和第23端口与ADS1255之间相互通信,用于读取ADS1255转换的数据。

[0052] 参考图4,在实际地震勘探中,由于数字探管在井下的具体方位不可控制,不同数字探管采集到的三分量地震数据参考方向通常不一致,影响后续地震数据的处理,因此添加姿态检测电路,用以获取检波器在井下具体的姿态信息,以便对实际采集到的三分量地震数据进行矫正。姿态检测电路利用三轴电子罗盘,三轴加速度传感器,三轴陀螺仪获取相关方位参数,电路中选用了内置12位ADC和低干扰的AMR传感器HMC5883L三轴电子罗盘,其能在 ± 8 高斯的磁场中实现5毫高斯的分辨率,内置自检功能,功耗低,可测磁场范围广,数字I2C输出,电子罗盘可以感知地磁的大小,从而测出数字探管中三分量MEMS检波器某一个轴的方位指向;电路中采用了内置可编程数字滤波器、10位ADC和数字I2C输出的三轴加速度传感器BMA020,加速度传感器可以测量加速度的大小,当没有外界加速度时,测量的是地球的重力加速度在其各个轴向的分量,通过各个分量的大小即可测出传感器组的相对于水平面的倾斜角度,而通过计算出的倾斜角度,又可以对电子罗盘做相应的倾斜补偿;三轴陀螺仪采用的是内置可编程数字滤波器、16位ADC数字及I2C输出的MPU3050,陀螺仪可以测量检波器沿其各个轴向的角速度,主要用于做动态补偿,考虑到地震检波器一般情况下处于

静止状态,这里陀螺仪主要起辅助作用。

[0053] 通过数据融合算法,实时解算检波器当前的方位,并通过控制主机实时显示当前方位。检波器方位显示主要基于openGL三维图形库以及QtOpenGL类,利用获取的检波器方位数据,通过三维可视化交互软件平台进行实时在线显示。

[0054] 参考图5,数据采集完成后,缓存于第二控制器STM32F405RG内部SRAM中,等待控制主机或数据采集站的访问。数据采集站和井下检波器串通过RS485进行通信,由于采样系统的数据量较大,因此必须同时考虑数据传输速度和可靠性,所以需要较高的通信速率,本系统所选取的总线驱动芯片ADM2582E内部集成了隔离DC-DC电源模块,最高通信速率为16Mbps,支持全双工的通信方式,单个芯片在120 Ω 匹配电阻的情况下功耗为750mW,在小于500ksps通信速率的情况下约为360mW,最大支持节点数256个,其他通信距离等参数满足系统需求。

[0055] 参考图5及图6,双通道多路模拟开关SGM3002接RS485总线驱动芯片输出端通信差分总线上,实现总线通断功能控制,主要是为满足节点系统自适应地址配置需要,此处的多路模拟开关具备很小的导通电阻和较高的带宽,有效保证了信号的无损通过,且其从切断到导通的切换时间仅需要8ns,相对于无延时的切换,从整体上保证了RS485差分信号线的可靠性。当井下检波器上电复位后,统一将其网络通信地址设置为公有地址,并控制多路模拟开关SGM3002将RS485向下连接线切断。根据数字探管的连接方式可知,当数字探管上电复位后,虽然有多组以公有地址为内部通信地址的检波器均开始运行,但只有第一支数字探管内部的三分量MEMS检波器(离井口最近的那支)连接在当前RS485网络上。此时,控制主机通过网络查询是否有未分配地址的三分量MEMS检波器在线,第一支三分量MEMS检波器收到该查询指令后,返回有未配置地址检波器在线回复。当控制主机动态地址配置模块检测到有未配置地址三分量MEMS检波器在线后,根据记录的动态地址配置表,产生动态地址配置指令,并通过网络发送出去,同时将该配置记录保存在配置表中。第一支三分量MEMS检波器(未配置检波器)收到配置指令后,将其公用地址配置为私有分配地址,并打开下级RS485开关,连接下一级未配置地址检波器。此时,当再次查询未配置地址在线三分量MEMS检波器(也就是数字探管)时,由于上一级三分量MEMS检波器已经配置并分配了私有地址,上一级三分量MEMS检波器将不产生回复数据,由下一级三分量MEMS检波器产生回复数据,并等待控制主机的地址分配,如此循环,直到再也检测不到未配置地址检波器在线为止,结束动态配置过程。此时,检波器串从井口开始,按离井口距离的远近,依次配置地址为1、2、3、4等。

[0056] 参考图7,数字探管外壳机械设计,采用铝合金进行加工,以保证其防水、耐高温高压能力,另集成基于直流电机驱动的推靠器传动装置。设计完成后的标准推靠臂2适应于井径为70mm到300mm的井孔,在内径为200mm的套管上,可在35秒内完成推靠。且在推靠过程中,推靠力可恒定在20%以内。推靠系统具有机械安全措施,当发生井下事故时,可利用其具有极限破坏特性的支撑臂系统破坏推靠器连接,最大限度回收井下检波器等相关设备,并提供便利的机械维护装置。

[0057] 参考图8,为实现数字探管对地震信号有效的采集,需要依靠数字探管外壳机械臂实现数字探管与井壁的紧密接触并在数据采集期间确保数字探管与井壁相对静止。电机驱动及推靠臂检测电路包括电机24V电源驱动器电路及由LM393构成的电流检测电路,电源驱动器提供电源开关、极性切换等功能,由高精度取样电阻对电机电流进行取样,并通过比较

器与设置的门限电压进行比较,当超过门限值后,将产生中断信号,通知主控CPU并切断电机电源。为降低电源驱动器电路对前级控制电路的干扰,两者之间采用光耦隔离。

[0058] 参考图9及图10,稳定、高效、低纹波的供电电源对井下数字探管的采集效果及整个系统的稳定性是至关重要的,尤其是会影响系统的输入动态范围和采集的分辨率。充分考虑到野外设备的便携性和设备的使用周期问题,需要同时兼顾电源质量和效率,采用了外部电源搭配宽压输出的DC-DC开关电源模块组合实现,外部电源可以采用12V/60Ah的铅酸蓄电池,具体的内部电源分配如下:数据采集站首先将12V电源通过YD1284升压至48V,进而级联串接至四路数字探管;利用DC-DC开关电源模块URD24S24-20W将48V电压转换为24V,作为电机驱动电源;利用DC-DC开关电源模块WRFD12D12-5W将24V电压转换为+12V,为信号采集及调理电路提供电源;利用DC-DC开关电源模块WRFD12D05-10W将24V电压转换为+5V,为信号调理电路、RS485通信电路以及姿态检测电路提供电源;进一步采用线性稳压芯片LT1117CST0-3.3V将+5V电压转换至3.3V,作为第二控制器STM32F405RG的工作电源;另外,由于数字探管的A/D转换器ADS1255工作时需要2.048V的参考电压,因此此处采用了高精度的REF191将+5V经线性稳压至2.048V作为A/D转换器的参考电压;电路中由于采用了DC-DC开关电源,所以会存在较大的纹波,而系统对+5V和+12V的电源质量要求较高,因此需要+5V和+12V的电源输出端加入相应的 π 型滤波器,以降低电源纹波。

[0059] 参阅图11,数据采集站和控制主机之间采用以太网通信,数据采集站控制器内置ETH(Ethernet)模块,可以通过外接PHY(Physical Layer)接口进行以太网通信,支持10/100Mbps数据传输,同时支持MII(Medium Independent Interface)和RMII(Reduced Medium Independent Interface)两种接口模式。外置PHY接口选取美国国家半导体公司生产的低功耗10/100Mbps单路物理层器件DP83848V,低功耗小于270mW、3.3V的MAC接口,集成度高、低功耗等性能,为10BASE-T和100BASE-TX以太网协议的应用提供低成本解决方案的特性,符合IEEE802.3u技术标准,这保证了数据传输网络的可靠性和稳定性,其亦支持MII和RMII两种接口模式,本系统采用RMII模式;HR911105A是一个内置网络变压器的RJ45接头,具有信号耦合、电器隔离、阻抗匹配、抑制干扰等优点。诸多特点满足了传输地震数据的速度要求,当然为了与控制主机进行正常的通信,还需要结合以太网通信时的TCP/IP协议形式自组网内部通信专用的通信协议,保证数据传输的可读性。

[0060] 参阅图12及图13,与井下数字探管类似,考虑到野外设备的便携性和设备的使用周期问题,需要同时兼顾电源质量和效率,采用了外部电源搭配宽压输出的DC-DC开关电源模块组合实现,外部电源采用12V/60Ah的铅酸蓄电池,通过DC-DC开关电源模块WRFD12D12-5W将12V电压转换为+12V,为外部中断触发电路提供电源;利用DC-DC开关电源模块WRFD12D05-10W将12V电压转换为+5V,为RS485通信电路提供电源;进一步采用线性稳压芯片LT1117CST0-3.3V将+5V电压转换至3.3V,作为第一控制器STM32F407VGT7和以太网通信电路的工作电源;电路中由于采用了DC-DC开关电源,所以会存在较大的纹波,而系统对+5V和+12V的电源质量要求较高,因此需要+5V和+12V的电源输出端加入相应的 π 型滤波器,以降低电源纹波。

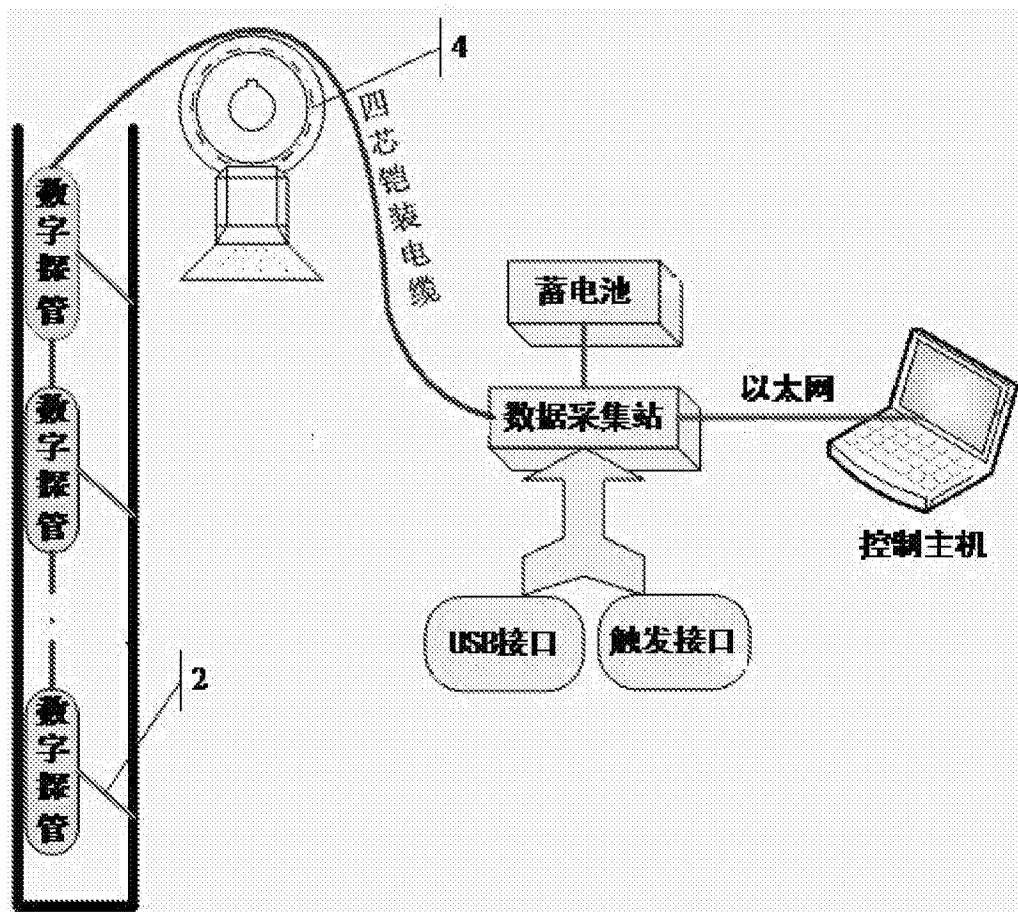


图1

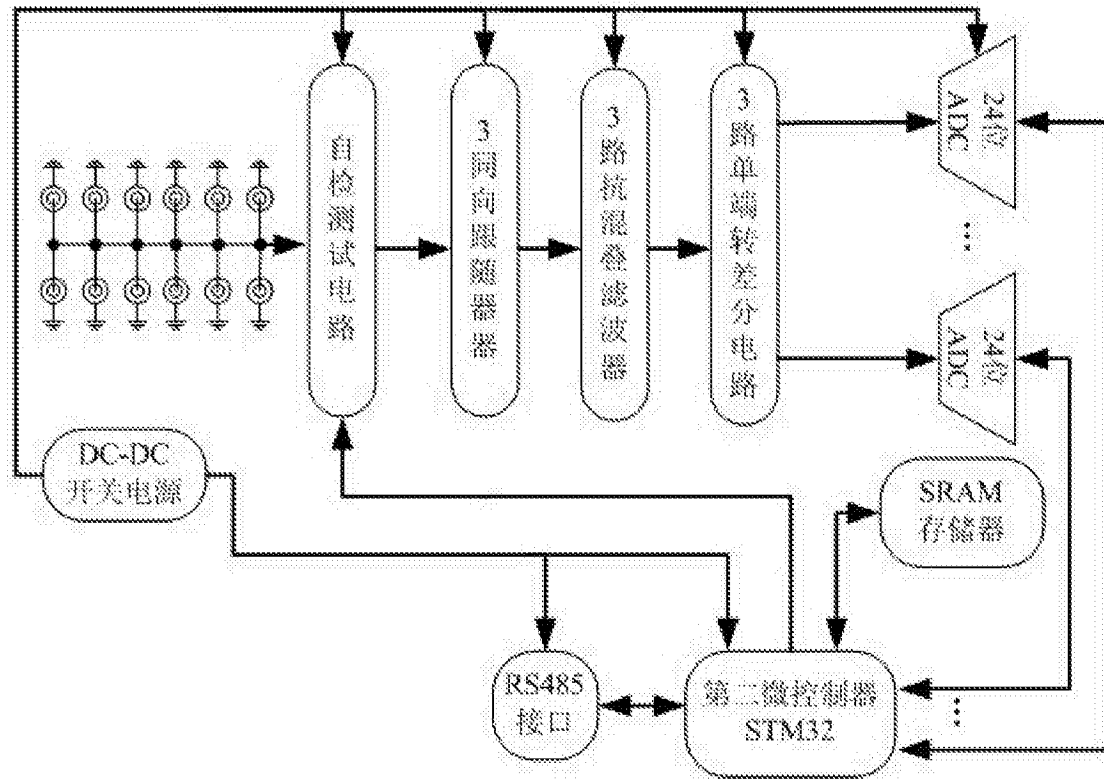


图2

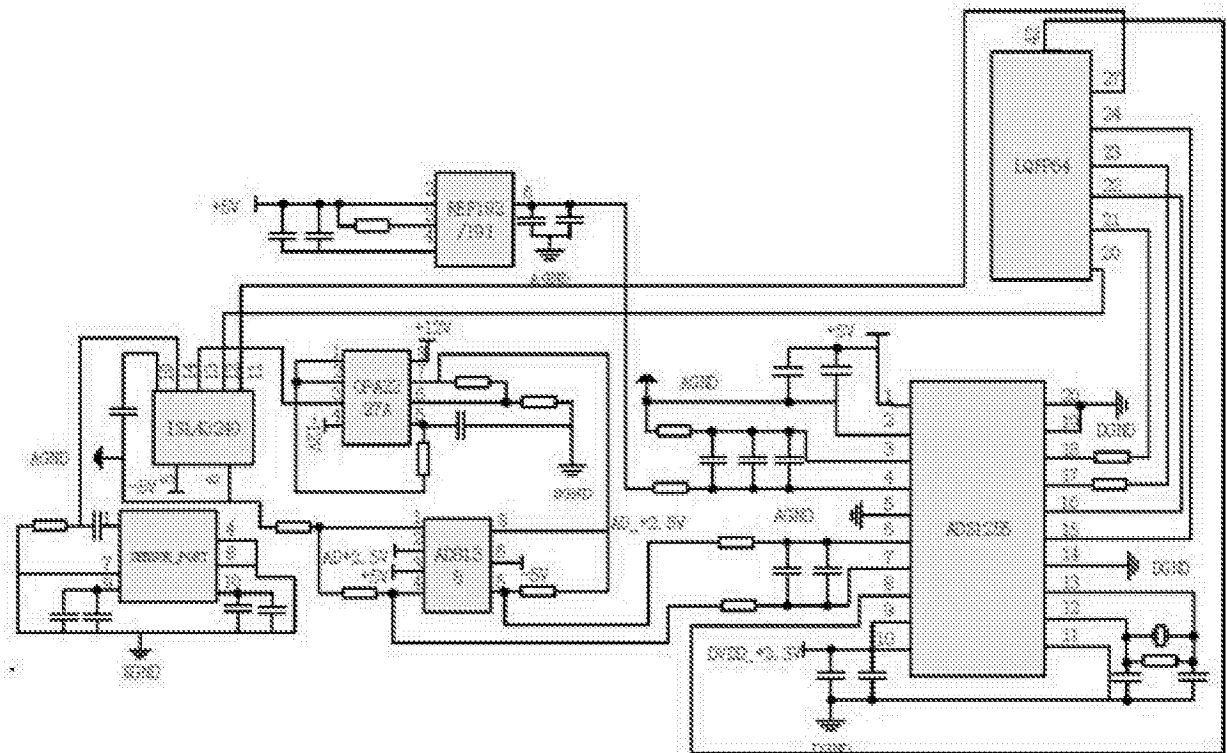


图3

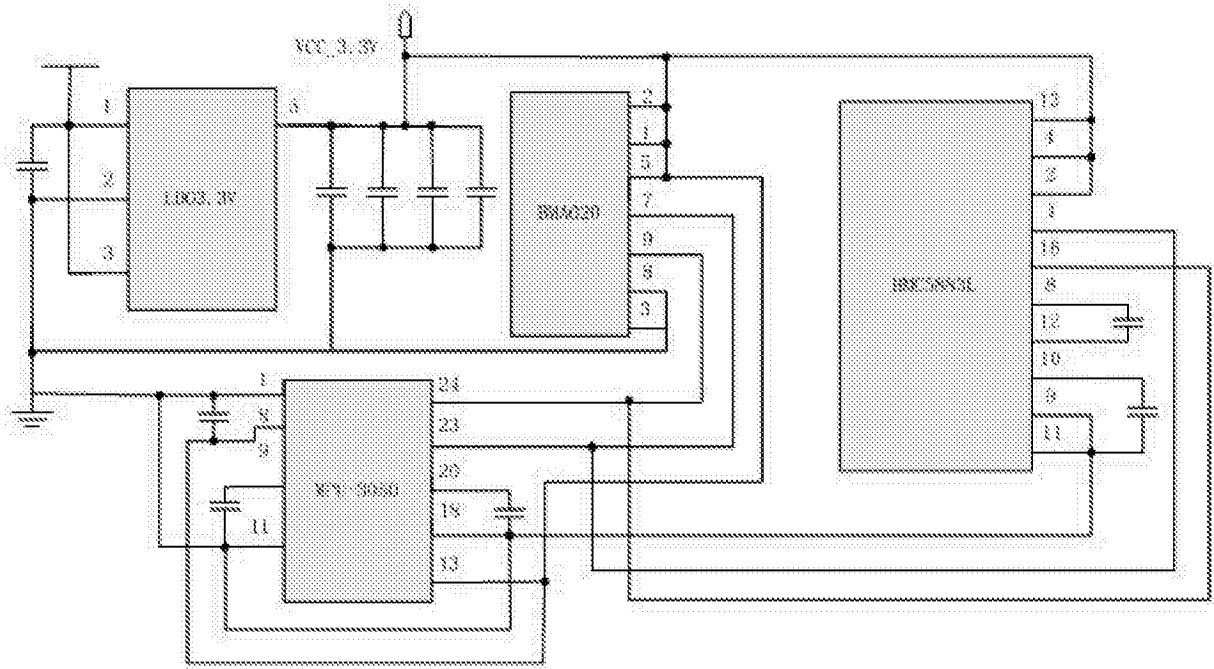


图4

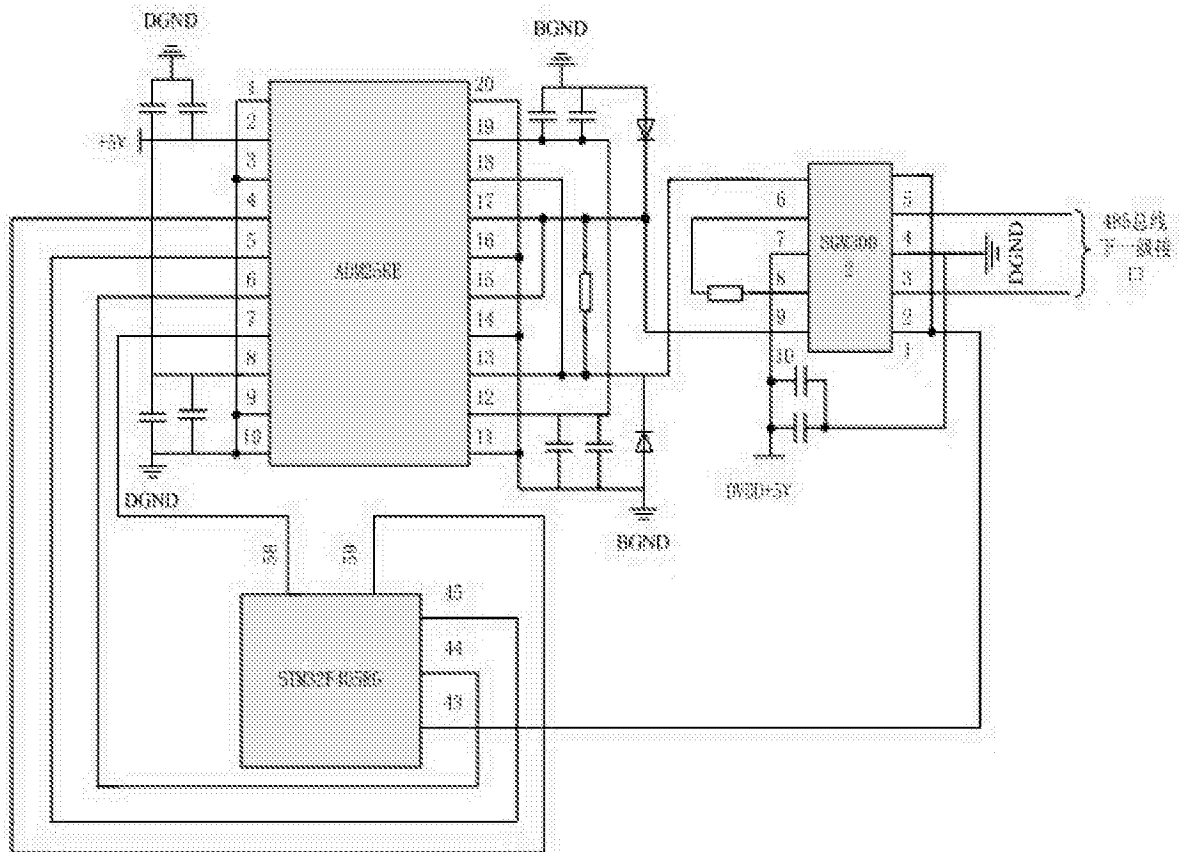


图5

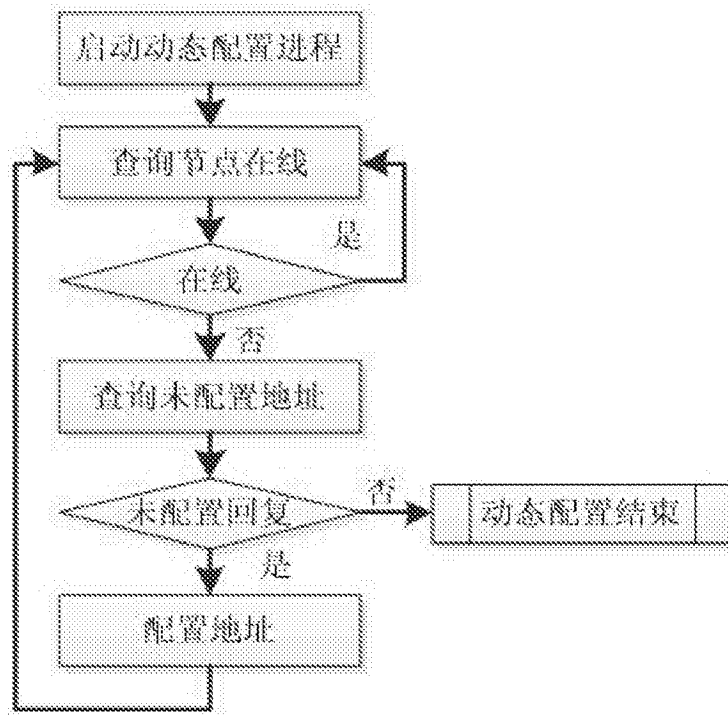


图6

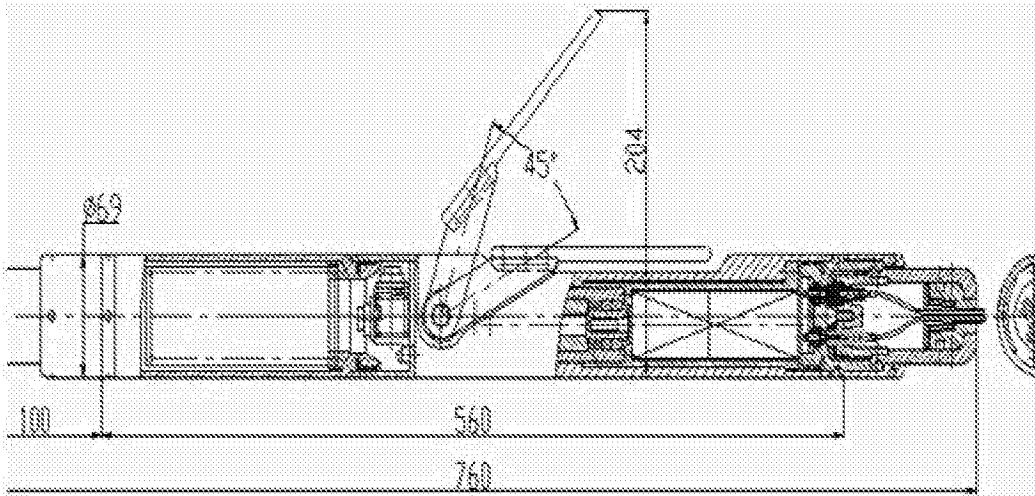


图7

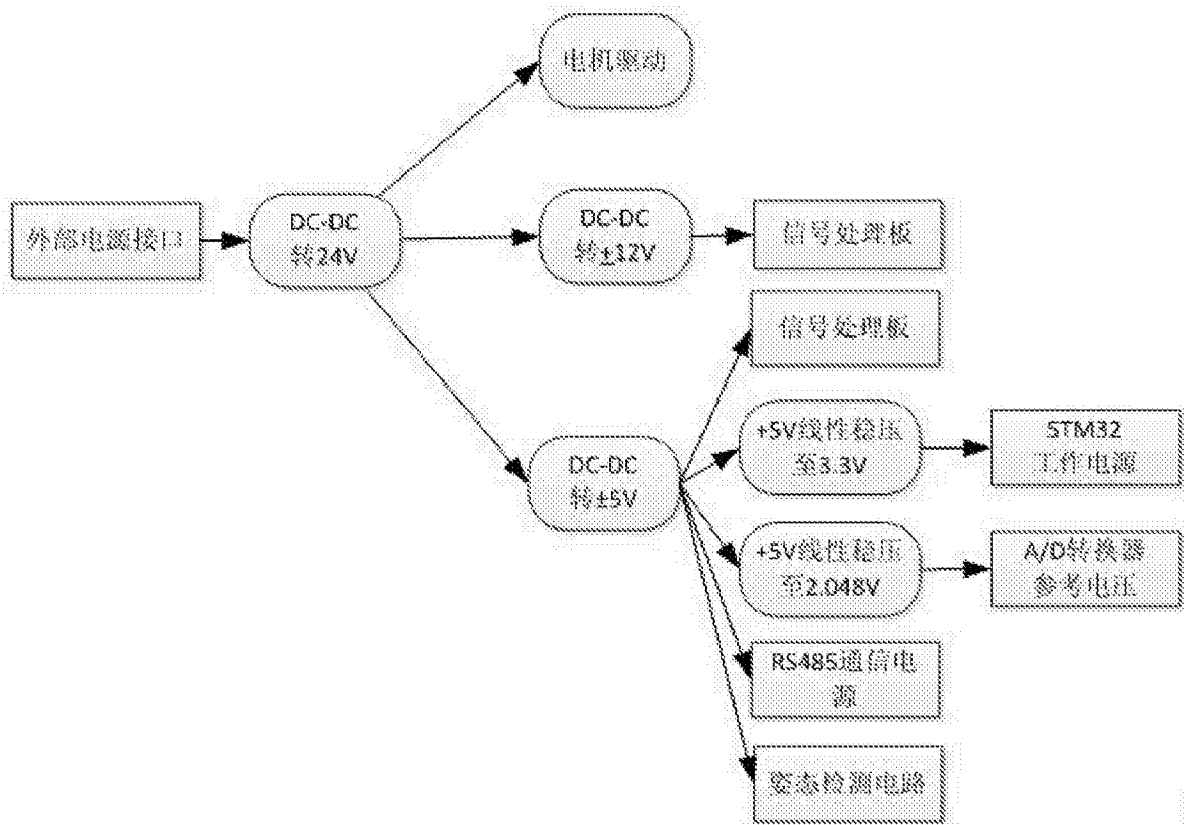


图9

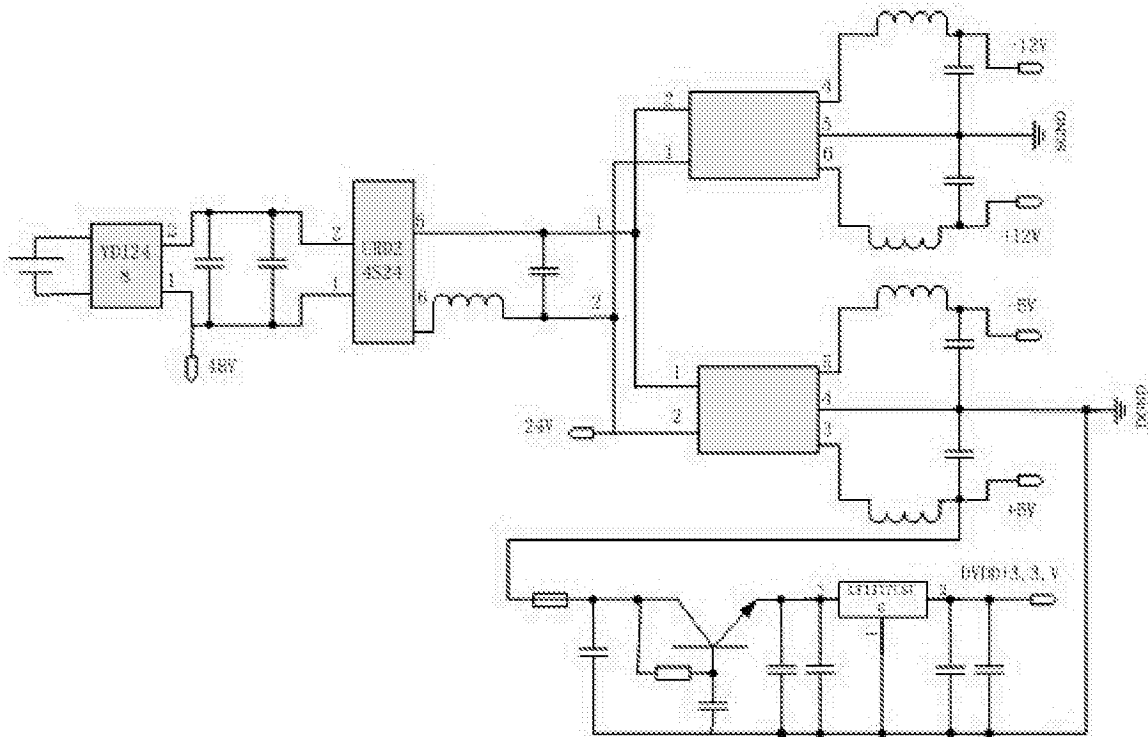


图10

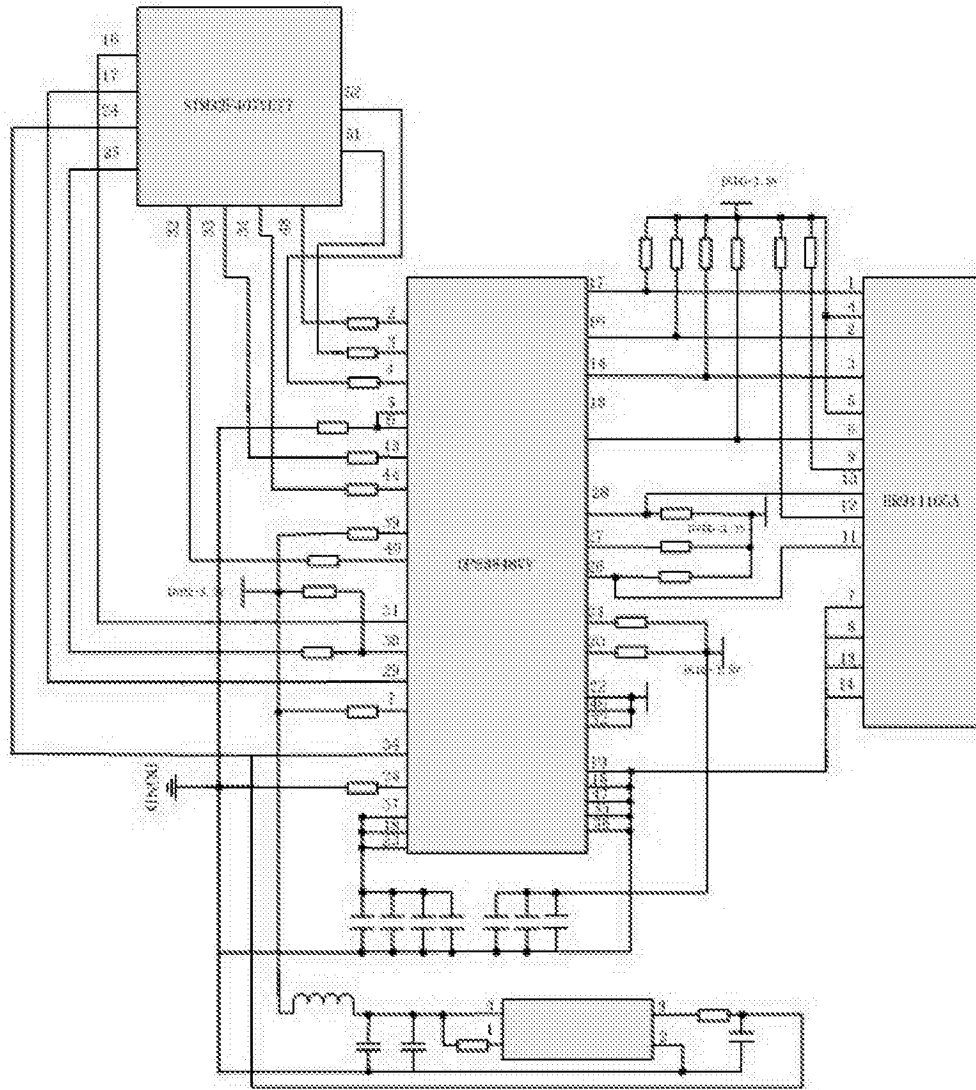


图11

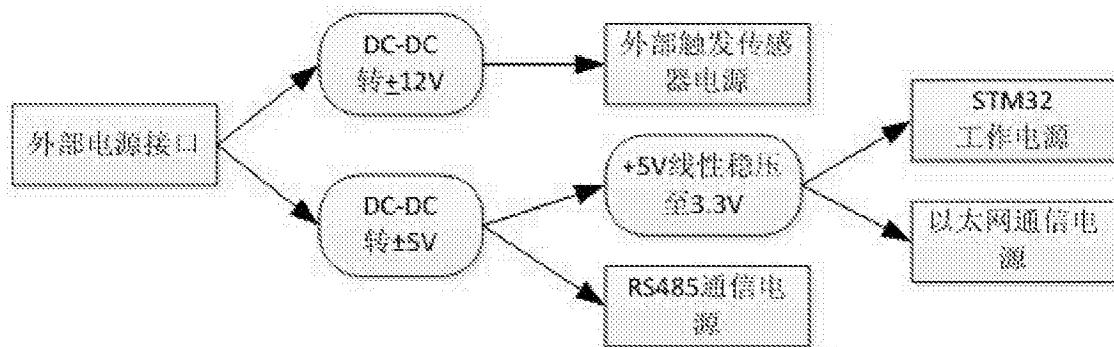


图12

