

# 单总线技术在地电场多电极数据采集系统中的应用

白宜诚, 杨学顺, 肖建平, 陈儒军, 罗维斌

(中南大学 信息物理工程学院, 湖南长沙, 410083)

**摘要:** 针对传统高密度电法仪的电极系需用与电极总数相等的多根导线与主机相连的局限, 提出了一种单总线技术, 用 7~10 芯电缆即可控制几百根导线的智能电极控制系统, 设计了数据采集系统的发送、接收和智能电极等各部分的硬件结构, 并应用于地电场数据采集系统中; 此外, 以偶极-偶极为例给出了智能电极自动转换的软件控制算法; 对整个系统进行电阻网络物理模拟测试及误差分析, 并对该系统进行水槽试验。研究表明: 该系统解决了各部分之间的硬件接口技术; 所采集的数据质量可靠, 真实地反映了被测目标电场信息, 达到了野外数据采集精度要求。

**关键词:** 单总线; 可寻址开关; 通信协议; 多电极智能转换; 高密度电法

中图分类号: P319.3 文献标识码: A 文章编号: 1672-7207(2004)03-0457-06

## Application of 1-wire technology in multi-electrodes data acquisition system of geoelectric field

BAI Yi-cheng, YANG Xue-shun, XIAO Jian-ping, CHEN Ru-jun, LUO Wei-bin

(School of Info-Physics and Geomatics Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** To resolve the inconvienience that the number of wires connected to host computer must be equal to the total amount of electrode in the traditional high density instrument, the intelligent electrode control system based on the 1-wire technology is established by using a cable containing 7~10 wires to connect hundreds of electrodes. The hardwares of transmitter and receiver and intelligent electrode are designed, and the hardware interface technology is. Then dipole-dipole as an example of the software control arithmetic for electrode automatic change is devised. At last the resistance net model test for the whole system and the error analysis are carried out. By the physical analogy in the flume, the results show that the dependable data is reliable, which can reflect the information of geoelectrical field for the object meet the requirement of accuracy for data acquisition in the field.

**Key words:** 1-wire; addressable switch; communication protocol; multi-electrode intelligent change; high density electrical survey

高密度电法实际上是一种多电极阵列式电法勘探方法, 它的基本原理与常规电法的原理相同, 仍是以地下介质的导电性差异为基础的地球物理勘探方法。与常规电法不同, 在进行数据采集时, 高密度电

法将几十根至几百根电极一次性布设在一定间距的测点上, 一般电极间距为 1~10 m, 然后用多芯电缆或多根导线将所有电极联接到电极转换器上, 经电极转换器自动切换, 变换电极排列方式的极距及测

收稿日期: 2003-09-15

基金项目: 大洋协会“十五”国际海底区域研究开发项目(DY105-03-01-13)

作者简介: 白宜诚(1944-), 男, 辽宁沈阳人, 中南大学教授, 博士生导师, 从事地电场理论及观测系统研究

论文联系人: 白宜诚, 男, 教授; 电话: 0731-8830613(O); E-mail: csu.baiyicheng@263.net

点位置, 自动完成各测点多极距、多装置的数据采集工作<sup>[1]</sup>。由于测点密度大且多极距、多装置观测, 因而获得了纵向即一定深度的地电场信息, 实现了高密度数据采集。由此可见, 高密度电法的关键技术是高效、快速地实现多根电极的自动转换。目前, 高密度电法数据采集系统与电极系的传统连接方式是由主机控制步进电机转动或继电器转换, 实现机械触点式切换, 其缺点是必须配备与电极数目相同的导线将每根电极分别连接到电极转换器上。若一次布设 128 根电极时, 需要 128 根导线, 使用起来非常不便。单总线技术可以通过 1 根 7~10 芯电缆实现主机对几十至几百根电极进行自动控制<sup>[2]</sup>, 实现不同装置、不同电极距、不同测点的通信、数据采集及数据传输。

### 1 单总线技术的基本原理

单总线(1-wire)是 Dallas 公司的一项专有技术, 与目前多数标准的串行数据通信方式(如 I2C 串行总线)不同, 它将地址线、数据线、控制线合为 1 根信号线<sup>[3,4]</sup>, 采用单根信号线双向传输, 允许在这根信号线上挂上百个由 Dallas 公司提供的芯片控制的对象, 具有节省 I/O 口线资源、结构简单、成本低廉、便于总线扩展等优点。每个芯片均具有 1 个全球唯一的由 64 位二进制数组成的识别码<sup>[5]</sup>, 其中包括 8 位族码(family code), 48 位序列号(serial number)和 8 位循环校验码(CRC code), 如图 1 所示。

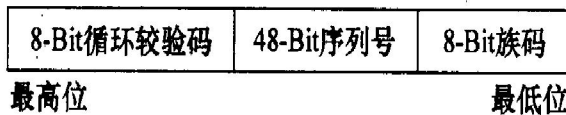


图 1 64-Bit ROM 分布图

Fig. 1 64-Bit ROM distributing map

#### 1.1 单总线器件 DS2405 的硬件结构

Dallas 公司推出的单总线器件 DS2405<sup>[6]</sup>, 是一种可编程的驱动开关, 具有 GND, DATA 和 PIO 3 个有效管脚。其中: GND 为芯片地线, 可直接与微处理器地线相连; DATA 为数据线, 同时可为 DS2405 提供工作电源, 因此, 芯片无需另接电源; PIO 为 DS2405 的输出口, 可提供一逻辑电平, 用来控制被控对象<sup>[7,8]</sup>。DS2405 本身受微处理机控制, 经 DATA 线接受微处理机命令, 并通过 DATA 线返回自身工作状态, 以完成单总线通信。DS2405 与微处理机(在系统中作为主机)接口非常简单, 且总线上可挂多个 DS2405, 与主机通讯时互不干扰, 如图 2 所示。

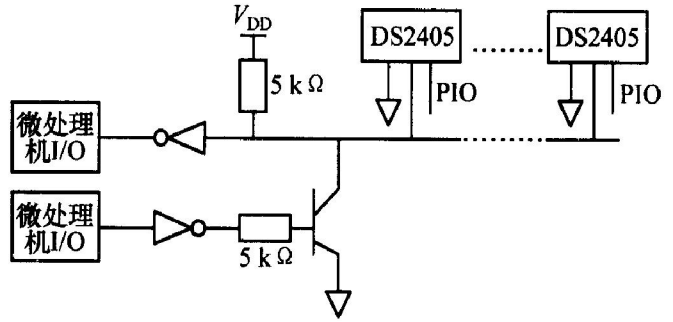
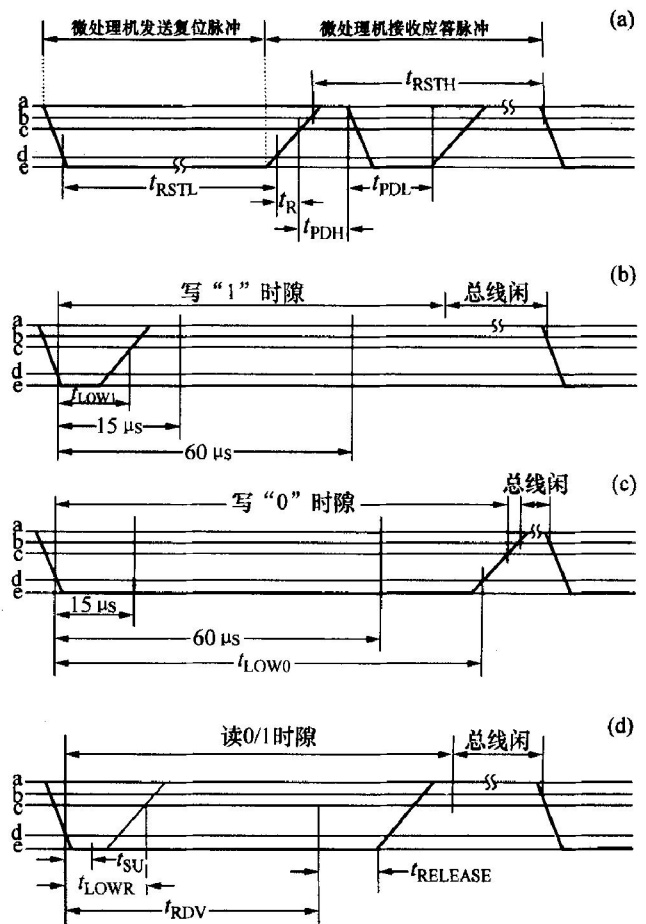


图 2 DS2405 与微处理器接口示意图

Fig. 2 Interface between DS2405 and micro processor

#### 1.2 DS2405 的通信协议

要使 DS2405 能作为有独立地址的可编程开关, 则需依赖于软件, 其通信协议遵循单总线芯片通信的基本协议<sup>[8]</sup>。单总线协议有十分严格的时序要求, 以保证数据的完整性。单总线协议主要定义了如下信号类型: 复位/应答脉冲、写 0/1 时隙、读 0/1 时隙。各种信号时序如图 3 所示<sup>[9]</sup>。



a—电阻上拉电压; b—上拉电压最小; c—逻辑“1”最低电压; d—电压为“0”最高电压; d—电压为 0  
(a) —DS2405 初始化(复位/应答)时序图; (b) —写“1”时序图; (c) —写“0”时序图; (d) —读 0/1 时序图

图 3 单总线协议各信号时序  
Fig. 3 Timing diagram of 1-wire signaling

### 1.2.1 复位/应答脉冲

复位和应答脉冲即组成单总线协议的初始化序列,时序如图3(a)所示。微处理机的I/O口输出低电平,主机拉低总线并保持总线为低电平,至少延时480  $\mu\text{s}$ ,然后主机释放总线,上拉电阻将总线拉高,若总线上已挂有1片或多片单总线芯片,则由芯片通过DATA引脚检测到上升沿后,延时15~60  $\mu\text{s}$ ,接着芯片通过内部电路将总线延时60~240  $\mu\text{s}$ ,即为应答脉冲,通过读取微处理机的I/O便知有单总线芯片存在。

### 1.2.2 写0/1时隙

微处理机对单总线芯片的所有控制命令均由写“0”和写“1”2种信号组合而成。在写时隙起始后15~60  $\mu\text{s}$ ,单总线器件将处于采样总线状态。若采样值为高电平,则向该器件写入“1”(如图3(b)所示);若采样值为低电平,则写入“0”(如图3(c)所示)。

### 1.2.3 读0/1时隙

单总线芯片在读时隙向微处理机传送数据。每个读时隙由主机发出同步信号后,单总线器件向总线上发送“0”或“1”。若发送“1”,则保持总线为高电平;若发送“0”,则拉低总线。单总线器件在完成读时隙后释放总线,上拉电阻将总线拉高至空闲状态,其时序如图3(d)所示。

## 1.3 DS2405的常用指令

单总线芯片加上适当的外围电路能完成特定的功能。不同芯片不但具有共同的基本指令,同时一般还有各自独特的指令。DS2405有如下常用指令:Read ROM (33H<sub>2</sub>), Search ROM (FOH), Match ROM (55H), Active-Only Search ROM (ECH), Skip ROM (CCH)。其中,前3条指令为常用指令。

### 1.3.1 Read ROM

当总线上只有1片DS2405(无其他类型单总线芯片)时,则在此命令后将依次读出芯片的64位识别码,该识别码是实际应用中对DS2405编址的基础。若总线有多片DS2405或者有其他类型的单总线芯片,则依次读出的64位二进制数为各芯片相对应位相与的结果。因此,该指令用于只有1片单总线芯片的场合。

### 1.3.2 Search ROM

若已知1位DS2405识别码,则向其发出Match ROM指令和64位识别码后,主机再向总线上产生1个读时隙,即可读到DS2405PIO脚的状态。即使有多片DS2405在总线上,使用该指令得到的状态也只是指定DS2405PIO脚的状态,其余的芯片不响应。

### 1.3.3 Match ROM

在实际应用中,只能读取DS2405PIO脚的状态是不够的,更重要的是要能按照实际需求改变PIO脚的状态,以控制现实世界中的对象。和Search ROM命令不同,在Match ROM命令和64位识别码由微处理机发出后,附加的读时隙将改变PIO脚的状态,若PIO为逻辑1,则执行Match ROM指令后,PIO脚状态为逻辑0,反之也是这样。

## 2 多电极数据采集系统的硬件结构

### 2.1 仪器硬件整体结构

仪器的硬件部分主要由激励场源的发送部分、信号接收部分及多电极系统组成,并由单片机控制,实现了逻辑自动控制、增益自动调节、电压自动监视、数据自动存储等功能。

仪器采用4\*4键盘输入,汉化下拉式菜单操作,点阵式大屏液晶显示,并设有RS-232标准串行接口,可将采集数据传送至外部微机进行进一步处理<sup>[10]</sup>。

在仪器设计中,采用光电隔离、继电器隔离、霍尔电流传感器电流采样,实现了发送、接收、多电极系三者之间的高可靠电性隔离,保证了数据采集精度。仪器的硬件结构如图4所示。

### 2.2 发送部分硬件构成

发送部分主要由单片机系统、供电主回路及电流采样3部分组成。单片机采用MCS-51系列的80C31微处理机,外接12 MHz晶振;双向驱动器为74HC245,地址锁存器为74HC375,程序存储器为27C32。

单片机采用定时中断方式传送下列波形:占空比为1:1的方波信号;1 ms的换向关断脉冲信号;电流和电压采样信号。前2种信号经过组合产生具有供电同步、换向同步、过流关断的4 Hz信号。

机内设有检测电路和报警回路,单片机时刻查询检测电路,外接高压电源电压和过流保护电路,并及时报警。控制信号经光电隔离后加至主回路,大大简化了驱动电路,又扩大了供电范围,提高了可靠性。发送机的功率元件采用VMOS功率管,输出功率为200 W。

电流采样部分由电流传感器、采样控制开关、积分保持电路组成,采用电流传感器作供电主回路与控制部分电性隔离器件。供电电流在电极成功转换后被记录、存储,并与接收部分所测得的电压一起进行视电阻率计算。发送机方框图如图4所示。

### 2.3 接收机部分硬件结构

接收机部分根据其组成特点分为3部分<sup>[11]</sup>,即

信号通道、单片机控制系统和电源。被测信号经阻抗变换后,进入双T陷波电路,对 50 Hz 的工频进行压制再经程控放大器 1 进行前置放大,经低频滤波器选频后进入主程控放大器 2 放大<sup>[12]</sup>。经主放大器放大后的信号进入带通滤波器,再经精密检波和积分电路后,输出直流电位差和电阻率。

接收机与发送机部分共用 8031 单片机系统。接收部分得到电压后,根据发送部分提供的电流,即可求出视电阻率。观测数据存储指定的单元,通过串行口传给微机作进一步处理,其结构框图如图 5 所示。

2.4 智能电极的硬件结构

该系统中使用的单总线芯片 DS2405 是可寻址

开关(addressable switch),只要对它发出相应的控制指令(Match ROM),它的 PIO 引脚将在“0”和“1”2 种状态之间相互转换,从而获得 1 个开关量。在多路电极转换系统中,每个节点都具有相同的硬件结构,尽管它们在任意时刻只能处于 5 种状态(供电电极 A 和 B,测量电极 M 和 N 或闲置)中的任意 1 种,而且同一个系统中不可能多于 1 个电极同处于前 4 种状态中的任意一种形式。但总的来看,每个电极分别处在各种状态的机会是等同的,因此,不可能由 PIO 脚的 2 种状态(0 或 1)来区分每个电极可能存在的 5 种状态。

另一方面,由于 PIO 引脚的高低电平交替出现,故可以从 PIO 引脚获得 1 个脉信号。通过计数器的

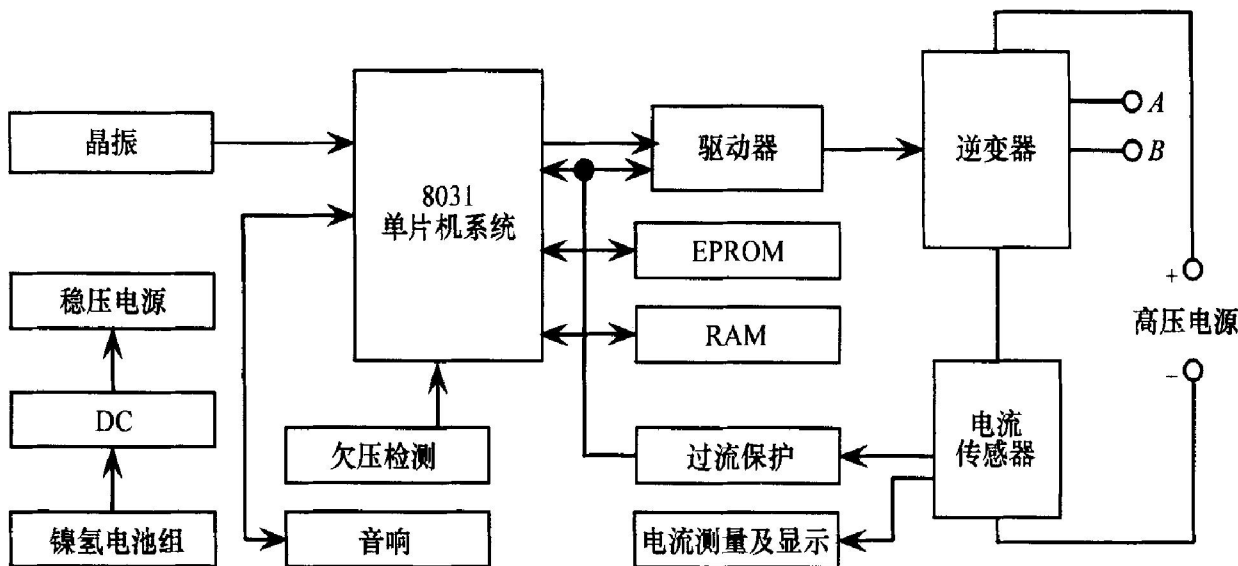


图 4 发送部分电路结构

Fig. 4 Diagram of transmitting circuit

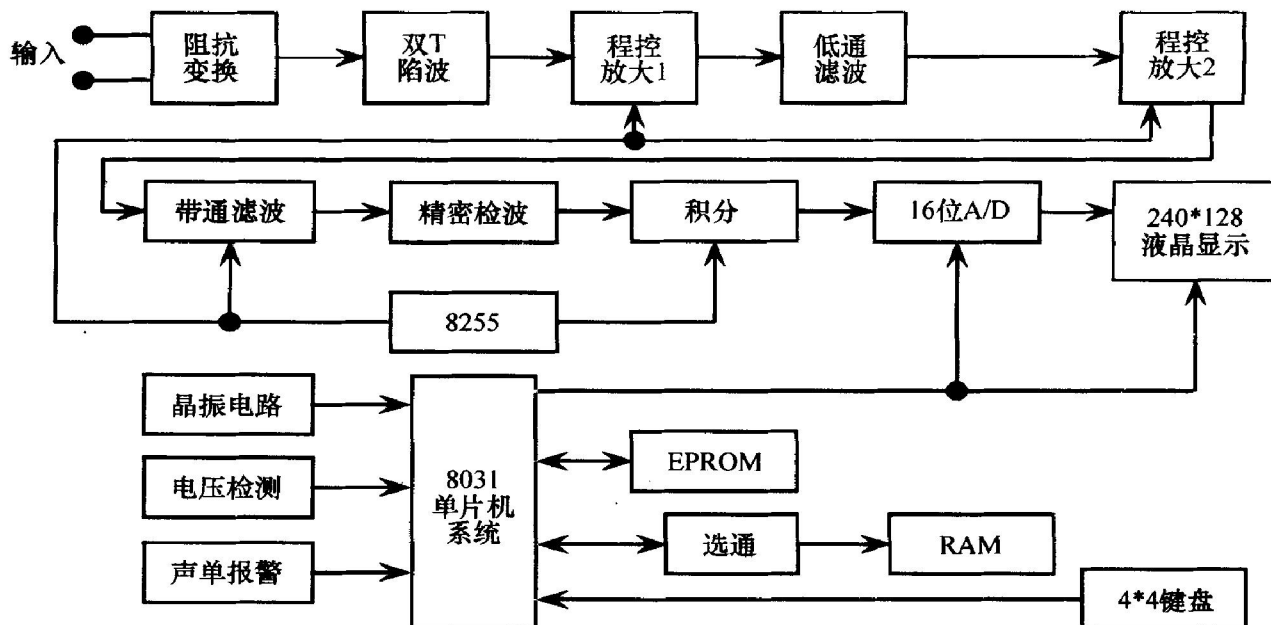


图 5 接收部分电路结构

Fig. 5 Diagram of receiving circuit

输出(二进制数)进行译码,理论上可以获得1个电极的无穷多种状态,完全可以满足1个电极5种状态的需求。多电极系统控制器及电极适配器原理框图如图6所示。在图6中,除闲置状态外,其余4种状态分别控制相应继电器,从而使同一个电极在工作过程中既可以作供电电极,又可以作测量电极。

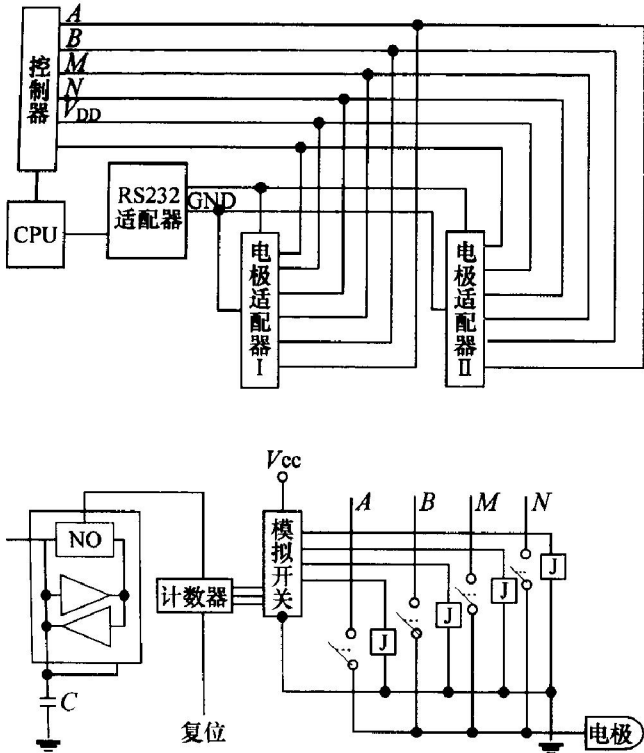


图6 多路电极系统控制器及电极适配器原理图

Fig. 6 Diagram of multi-electrodes system controller and electrode adapter

### 3 多电极系统智能转换的控制软件

图6所示的多路电极系统控制器及电极适配器原理图中,计数器在DS2405PIO引脚的控制下,将得到“0”,“1”,“2”,“3”和“4”5种不同的计数值,通过模拟开关将电极切换至程序预先设置的状态。这样,智能电极系就可以完全模拟人工跑极的转换顺序进行自动转换,但各种测量装置的转换算法不完全相同。每次电极的转换对应同一个函数,其入口参数包含测量装置类型(与转换算法相对应),测量电极与供电电极对应的电极序号(控制相应的适配器)。以偶极-偶极为例,其算法流程如图7所示。

只要改变电极转换的算法,就可设计成二极(A-M)、三极(A-MN, MN-B)、温纳(AMNB)、微分(AMBN)、偶极-偶极(ABMN)等多种不同测量装置<sup>[13]</sup>,根据实际应用需要,可在仪器的升级换代中增加新的装置类型。从编程角度看,不同的装置类

型只需修改相应的电极转换程序即可达到目的。

在室内用电阻网络进行模拟实验,网络实测电位差与理论计算的均方相对误差仅为0.15%,说明仪器精度高,达到了野外数据采集的要求。

以偶极-偶极为例,使用基于单总线技术的多电极数据采集系统对直立铜板进行水槽实验。电极总数为16,点距为4cm,铜板位于46号点,1号电极位于18号点,16号电极位于78号点,最小隔离系数为1~5,得到视电阻率等值线如图8所示。从等值线图可见,铜板位置处出现明显低阻异常。

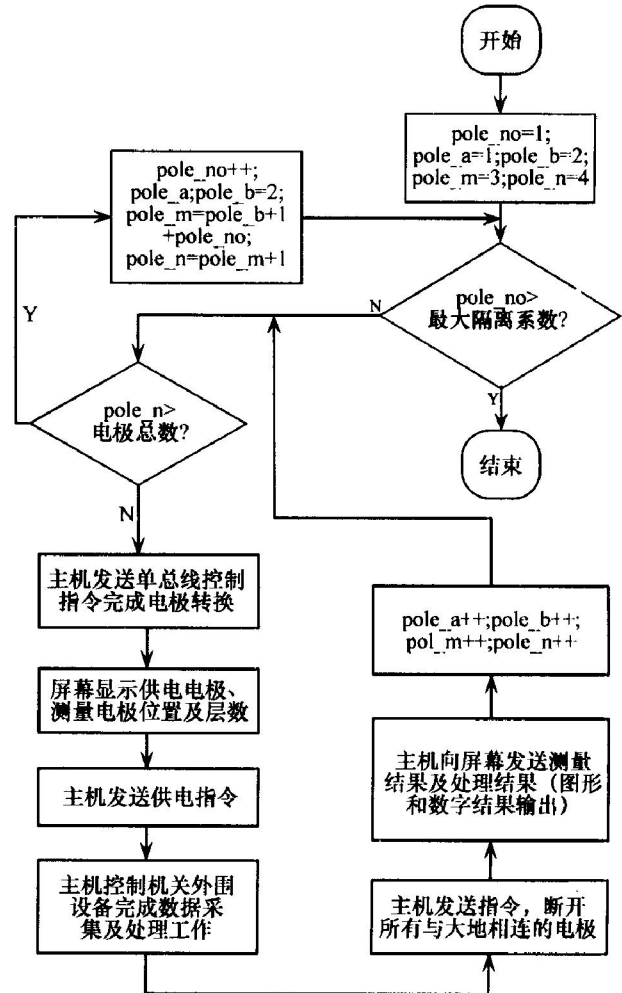


图7 偶极-偶极装置智能电极转换流程图

Fig. 7 Intelligent electrode transforming flow chart of dipole-dipole type

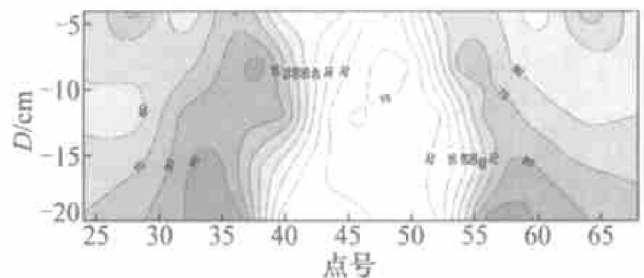


图8 直立铜板偶极-偶极装置的视电阻率等值线剖面图

Fig. 8 Apparent resistivity contour map for vertical copper plate of dipole-dipole type

## 4 结 语

单总线技术将地址线、数据线、控制线合为 1 根信号线,可以双向传输,允许挂上百个编程控制开关,解决了高密度电法勘探中的多电极自动转换的问题,使仪器趋于智能化,方便了野外作业,提高了工作效率。

### 参考文献:

- [1] 陈仲候,王兴泰. 工程与环境物探教程[M], 北京: 地质出版社, 1993.  
CHEN Zhong-hou, WANG Xing-tai. Course of engineering and environment geophysical exploration [M]. Beijing: Geological Press, 1993.
- [2] 刘 波. 数字单总线环境状态监控系统的设计[J]. 仪表技术与传感器, 2002(6): 22-23.  
LIU Bo. Design of environmental status monitoring system by 1-wire bus [J]. Instrumentation Technology and Sensors, 2002(6): 22-23.
- [3] 郝国法, 祁 昶, 郝 琳, 等. 单总线单片机多机通讯系统设计[J]. 电子技术应用, 2001, 27(6): 11-12.  
HAO Guo-fa, QI Xu, HAO Lin, *et al.* Design of multiple micro controller communication system by 1-wire bus [J]. Application of Electronics Technology, 2001, 27(6): 11-12.
- [4] 魏 智. 解析 Dallas 通用的单总线网络[J]. 半导体技术, 2001, 26(12): 15-16.  
WEI Zhi. Analysis of Dallas general purpose 1-wire bus network [J]. Semiconductor Technology, 2001, 26(12): 15-16.
- [5] 刘 鸣, 陈兴梧, 赵 煜. 单总线技术及其应用[J]. 仪表技术与传感器, 2002(1): 40-42.  
LIU Ming, CHEN Xing-wu, ZHAO Yu. 1-wire bus technology and application [J]. Instrumentation Technology and Sensors, 2002(1): 40-42.
- [6] 吴 江, 陈尚松. 单总线技术在测控系统中的应用[J]. 电测与仪表, 1999, 36(9): 34-36.  
WU Jiang, CHEN Shang-song. The application of 1-wire bus technology in measurement and control system [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 1999, 36(9): 34-36.
- [7] 吴 江, 陈尚松. 用单总线技术设计环境状态监控系统[J]. 电子技术应用, 2000, 26(6): 31-33.  
WU Jiang, CHEN Shang-song. Design of environmental monitoring system by 1-wire bus technology [J]. Application of Electronics Technology, 2000, 26(6): 31-33.
- [8] 罗文广, 兰红莉, 陆子杰. 基于单总线的多点温度测量技术[J]. 传感器技术, 2002, 21(3): 47-50.  
LUO Wen-guang, LAN Hong-li, LU Zi-jie. Multi-point temperature measuring technology based on 1-wire bus [J]. Journal of Transducer Technology, 2002, 21(3): 47-50.
- [9] 叶丽娜. DS198X 和 DS199X 芯片的原理及应用[J]. 国外电子元器件, 2001(2): 55-58.  
YE Li-na. Theory and application of DS198X and DS199X [J]. Foreign Electronic Element, 2001(2): 55-58.
- [10] 公茂法, 马宝甫, 孙 晨, 等. 单片机人机接口实例集[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998.  
GONG Mao-fa, MA Bao-fu, SUN Cheng, *et al.* Example collections of micro controller human-machine interface [M]. Beijing: Beijing Aviation & Spaceflight Press, 1998.
- [11] 白宜诚, 崔燕丽, 浦慧如. SQ 型双频道激电仪的研制[J]. 物探与化探, 2002, 26(6): 457-460.  
BAI Yi-cheng, CUI Yan-li, PU Hui-ru. The development of SQ type dual-frequency IP instrument [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2002, 26(6): 457-460.
- [12] 何立民. 单片机应用系统设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1990.  
HE Li-min. Application system design by micro controller [M]. Beijing: Beijing Aviation & Spaceflight Press, 1990.
- [13] 傅良魁. 应用地球物理教程[M]. 北京: 地质出版社, 1991.  
FU Liang-kui. Course on applied geophysics [M]. Beijing: Geological Press, 1991.