

# 基于 DSP 的瞬变电磁接收机系统研究

孙向阳<sup>1</sup>, 张国玉<sup>1</sup>, 马士宝<sup>1</sup>, 高玉军<sup>2</sup>

(1. 长春理工大学 光电工程学院, 长春 130022; 2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

**摘要:** 针对瞬变电磁信号具有早期衰减快、幅度大, 中、晚期信号衰减慢、幅度小的特点。提出了基于 DSP 的瞬变电磁接收机的设计方案, 解决了资源开采时因存在强电磁干扰而使进一步勘探停止的问题。为了检测接收机性能, 对其噪声水平及瞬变电磁信号的采集能力进行测试, 并通过模型实验证明了瞬变电磁接收机接收电磁信号的动态范围大于 138dB, 相当于接收机具有 24 位 A/D 的分辨率, 满足地质探测的要求。此接收机系统具有高密度、高分辨率、大动态范围的快速采样能力。

**关键词:** 采集单元; 通信单元; 同步单元; 动态范围

中图分类号: TD41

文献标识码: A

文章编号: 1672 - 9870 (2008) 01 - 0027 - 04

## The Research of Transient Electromagnetism Receiver Based on DSP

SUN Xiangyang<sup>1</sup>, ZHANG Guoyu<sup>1</sup>, MA Shibao<sup>1</sup>, GAO Yujun<sup>2</sup>

(1. Institute Opto-Electronics, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022;

2. Changchun Institute of Optics Fine Mechanics and Physics Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033)

**Abstract:** As to transient electro-magnetic signal with characters of a large amplitude at early stage high-speed decaying and a small amplitude at midterm or later period slow-speed decaying, we present one design based on transient electro-magnetic receiver based on DSP, which settled the problem that when exploration is disturbed with strong electromagnetism the further detection is stopped. The testing of receptivity is kept through the testing of noise level and receptivity of transient electro-magnetic signal. Dynamic range of receptivity to transient electro-magnetic receiver is greater than 138DB, which is equal to receiver owning distinguishability of 24 bits, so it is satisfied with demanding of earth-probing radar through testing of model. This receiving system has characters of high density, high distinguishability and large dynamic range.

**Key words:** Data acquisition unit; communication unit; simultaneous unit; dynamic range

近年来在矿藏勘探、钻井、航空及海洋勘探等领域中, 伴随仪器的数字化和智能化、功率的增大、数字模型计算的应用, 瞬变电磁探测法得到了广泛的应用并迅速发展起来。此方法具有简单易行、信息丰富、精度较高等优点。

由于常规电磁法探测的深度一般在几十米以下, 所以难以解决浅层地质问题, 针对此问题研制了一种基于 DSP 的瞬变电磁探测系统, 解决了在开采存在强电磁干扰的矿山时, 因进一步勘探而停止

开采的现实问题。瞬变电磁探测系统是一种行之有效的系统, 而作为探测系统, 瞬变电磁接收机是其关键部分, 文中对其进行了深入研究。

### 1 瞬变电磁接收机的工作原理

瞬变电磁法是一种基于目标体的电性差异, 利用不接地回线或接地线向地下发送脉冲磁场, 在一次场的间歇期间观测二次场的电法勘探法<sup>[2]</sup>。当回线中有脉冲电流通过时, 在回线的周围就形成了瞬

收稿日期: 2007-11-12

作者简介: 孙向阳 (1978-), 男, 陕西宝鸡人, 硕士研究生, 主要从事精密仪器及机械方面的研究, E-mail: sxy0321@126.com。

通讯作者: 张国玉 (1962-), 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事光电仪器与检测技术的研究。

变磁场, 介质在磁场的激发下产生涡流场, 其涡流场的大小与介质的导电相关。这样通过研究地下介质的瞬变电磁响应就可以达到寻找良导金属矿体, 进行矿产勘查和解决地质问题的目的。而瞬变电磁接收机就是基于此原理制成<sup>[3]</sup>。其探测原理如图1所示。

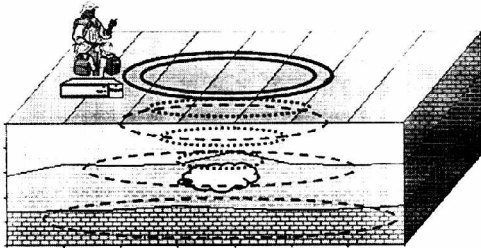


图1 瞬变电磁探测原理

Fig.1 The principle of detection of transient electromagnetic

## 2 系统组成与设计

基于 DSP 与 PocketPC 的接收机主要由基于 DSP 的数据采集单元、通信单元、同步单元及 PocketPC(上位机)四部分组成<sup>[4]</sup>。

### 2.1 基于 DSP 的数据采集单元

采集单元是整个接收机的硬件基础, 其性能指标直接影响接收机的检测效果, 通信采用 RS-232 总线<sup>[5]</sup>, 同步单元设计了线同步与 GPS 同步两种同步方式。接收机框图如图2所示。

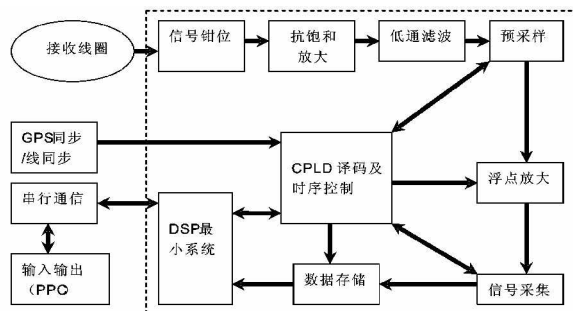


图2 基于 DSP 的瞬变电磁接收机框图

Fig.2 The block diagram of transient electromagnetic receiver based on DSP

#### 2.1.1 DSP 最小系统

DSP 最小系统包括 DSP 处理器、存储单元、接口电路以及便于仿真的 JTAG 口等, 其框图如图3所示。

#### 2.1.2 抗饱和放大电路

瞬变电磁信号具有动态范围大的特点, 其幅值最大为 10V、最小可能达到纳伏级。因此若采用单纯提高增益的方法来提高仪器的分辨率, 往往会出

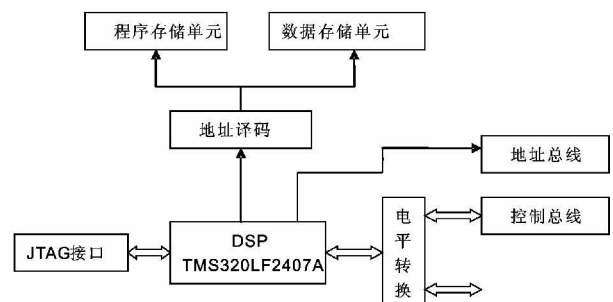


图3 DSP 最小系统框图

Fig.3 The block diagram of minimal system of DSP

现饱和现象, 所以为了避免抗饱和放大电路的设计是非常必要的, 其抗饱和放大电路如图4所示, 采用分段放大技术来解决饱和问题, 即对早期瞬变信号不放大, 对晚期瞬变信号放大 10 倍。这样既可以使前期信号不产生饱和, 又可以采集到晚期的微弱信号, 满足接收机的分辨率要求。

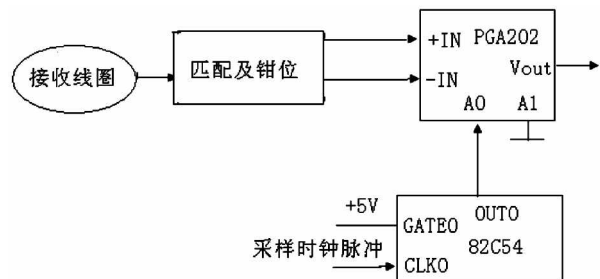


图4 抗饱和放大电路原理图

Fig.4 The schematic diagram of antisaturation amplifying circuit

#### 2.1.3 低通滤波器

滤波器选用 BB 公司的通用型集成有源滤波器模块 UAF42, 接收机中低通滤波器内部结构原理图如图5所示, 截止频率为 13KHz。

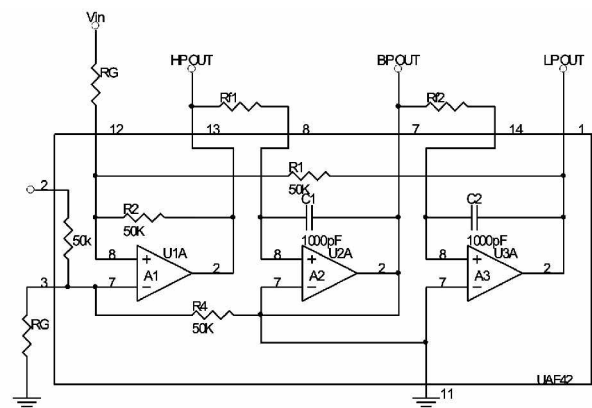


图5 低通滤波器内部结构

Fig.5 The internal structure of lowpass

用 UAF42 设计滤波器可采用反相输入, 其中各参数计算公式如下:

$$\omega_n = 2\pi f_n \quad (1)$$



准叠加 16 次、使用软件处理功能。其采集所得信号如图 10 所示,数据为 Q24 格式,最大值约为  $1.69 \times 10^8$ ,还原后约为 10.07V。

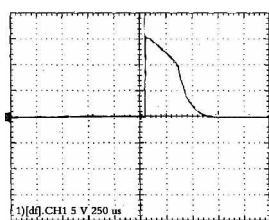


图 9 实际瞬变电磁信号

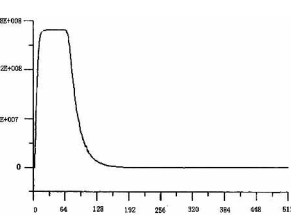


图 10 接收机采集所得瞬变电磁信号

Fig.9 Actual transition electromagnetic signal

Fig.10 Transition electromagnetic signal by receiver

对比图 9 和图 10,信号高于 10V 以上部分受接收机最大输入电压限制被切除,但信号的衰减曲线与实际信号衰减趋势是一致的。并且信号采集中产生的较大奇异点均被剔除。

#### 4 结论

采用瞬变电磁法研制的接收机有着广泛的应用前景,随着地质勘探,钻井、海洋和航空勘探等的不断发展,瞬变电磁接收机在浅层的勘探显得尤为重要。系统在基于 DSP 的基础上给出了瞬变电磁接

收机的整体结构,解决了信号同步触发的误触发问题,同时添加了 GPS 同步方式提高接收机的同步精度,最后对设计的接收机进行了大量实验,验证了接收机的实用性和可靠性。

#### 参考文献

- [1] 赵震宇,王世称,许亚明.综合信息矿产预测理论在危机矿山资源预测中应用思考[J].世界地质,2002(9):299-382.
- [2] 林君.电磁探测技术在工程与环境中的应用现状[J].物探与化探,2000,24(3):167-177.
- [3] 静恩杰,李志蚨.瞬变电磁法基本原理[J].中国煤田地质,1995,7(2):83-87.
- [4] 徐志军,徐光辉.CPLD/FPGA 的开发与应用[M].北京:电子工业出版社,2002.
- [5] 宋国明,王成云,王景峰.基于 DSP 的冲击振动实时测试分析系统[J].长春理工大学学报,2005,27(4):57-59.
- [6] 王淑玲.基于浮点放大的瞬变电磁法接收机的研制[D].长春:吉林大学,2001.
- [7] 刘丽萍.基于 DSP 的瞬变电磁数据采集系统的研制[D].长春:吉林大学,2005.
- [8] 孙建松,翟多佳,苏宛新.基于 DSP 的 CCD 信号高速数据采集与处理系统[J].长春理工大学学报,2003,25(1):42-44.

(上接第 32 页)

#### 参考文献

- [1] 陆华.瞄准具概论[M].北京:北京科学教育出版社,1961:23-24.
- [2] 王中民.谈谈光学瞄准镜射击时的零位走动[J].光仪技术(南京市光学仪器协会),1988,8(12):20-22.
- [3] 王中民.瞄准仪器原理与设计[M].北京:北京理工大学出版社,1996:8-10.
- [4] 高稚允.光电检测技术[M].北京:北京理工大学出版社,1996:5-6.
- [5] 苏大图.光学测量[M].北京:国防工业出版社,1996:33-36.
- [6] 李占国,李艳明,宋林森.光学瞄具冲击系统弹性阻尼设计仿真[J].长春理工大学学报,2006(1):95-98.