



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101852585 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 06

(21) 申请号 201010180351. 7

(22) 申请日 2010. 05. 24

(71) 申请人 张博明

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区一匡街 2 号

(72) 发明人 张博明 孙新杨 金天国

(51) Int. Cl.

G01B 7/16(2006. 01)

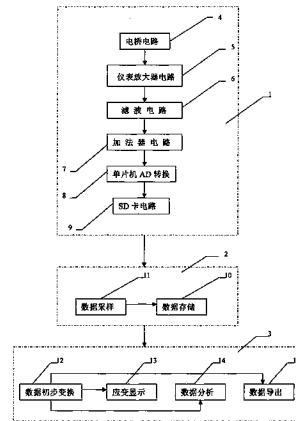
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统

(57) 摘要

本发明的目的在于提供一种用于特殊复杂服役条件下工作物体的实时应变采集和测量的基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统。它是由硬件电路单元、单片机程序单元和数据显示分析单元组成的，单片机程序单元分别连接硬件电路单元和数据显示分析单元。本发明基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统，无需外接电源和处理设备，可以粘贴在处于工作状态中的设备上，采集的应变数据存储存储在 SD 卡中，可以离线采用计算机对应变测量数据进行处理，足以克服普通应变测量仪的缺陷。



1. 一种基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统,实现了无源无线的一体化测量。它是由硬件电路单元(1)、单片机程序单元(2)和数据显示分析单元(3)组成的,其特征在于:单片机程序单元(2)分别连接硬件电路单元(1)和数据显示分析单元(3)。

2. 根据权利要求1所述的一种基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统,其特征在于:所述的硬件电路单元(1)包括电桥电路(4)、仪表放大器电路(5)、滤波电路(6)、加法器电路(7)单片机AD转换(8)和SD卡电路(9),电桥电路(4)连接仪表放大器电路(5),仪表放大器电路(5)连接滤波电路(6),滤波电路(6)连接加法器电路(7),加法器电路(7)连接单片机AD转换(8),单片机AD转换(8)连接SD卡电路(9)。

3. 根据权利要求1所述的一种基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统,其特征在于:所述的单片机程序单元(2)包括数据采样(10)和数据存储(11),数据采样(10)连接数据存储(11)。

4. 根据权利要求1所述的一种基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统,其特征在于:所述的数据显示分析单元(3)包括数据初步变换(12)、应变显示(13)、数据分析(14)和数据导出(15),数据初步变换(12)连接应变显示(13)、数据分析(14)和数据导出(15)。

基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统

(一) 技术领域

[0001] 本发明涉及材料科学,具体说就是一种基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统。

(二) 背景技术

[0002] 目前市场上的应变测量仪,体积较大、交流电源供电,一般需要放置在较为固定的实验台上,与被测制件连接后,进行测量。对它的使用条件有一些限制:(1) 测量环境受限制:需要将测量仪与被测件在特定的环境下连接起来;(2) 测量过程受限制:目前的测量仪在工作过程中一般由人来手工操作;(3) 工作时间受限制:被测件一般处在非工作状态或是某种假定工作状态;由于这些限制,应变测量仪将不方便或不能使用在如导弹、飞机、火箭、旋转叶片等恶劣和复杂的工作条件下实时测量被测物的应变,对应变仪的适用场合扩展造成障碍,而且由于国内这方面仪器的欠缺,也造成了这样一些需要实时检测应变的设备工作出现了很难探查的故障。国内对应变的无源无线采集系统有很大的需求。

(三) 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种用于特殊复杂服役条件下工作物体的实时应变采集和测量的基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统。

[0004] 本发明的目的是这样实现的:它是由硬件电路单元、单片机程序单元和数据显示分析单元组成的,单片机程序单元分别连接硬件电路单元和数据显示分析单元。

[0005] 本发明还有以下技术特征:

[0006] (1) 所述的硬件电路单元包括电桥电路、仪表放大器电路、滤波电路、加法器电路、单片机 AD 转换和 SD 卡电路,电桥电路连接仪表放大器电路,仪表放大器电路连接滤波电路,滤波电路连接加法器电路,加法器电路连接单片机 AD 转换,单片机 AD 转换连接 SD 卡电路。

[0007] (2) 所述的单片机程序单元包括数据采样和数据存储,数据采样连接数据存储。

[0008] (3) 所述的数据显示分析单元包括数据初步变换、应变显示、数据分析和数据导出,数据初步变换连接应变显示、数据分析和数据导出。

[0009] 本发明基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统,无需外接电源和处理设备,可以粘贴在处于工作状态中的设备上,采集的应变数据存储于 SD 卡中,可以离线采用计算机对应变测量数据进行处理,足以克服普通应变测量仪的缺陷。

(四) 附图说明

[0010] 图 1 为本发明的结构方框图;

[0011] 图 2 为本发明的硬件电路单元的电桥电路原理图;

[0012] 图 3 为本发明的硬件电路单元的仪表放大电路原理图;

[0013] 图 4 为本发明的硬件电路单元的滤波电路原理图;

[0014] 图 5 为本发明的硬件电路单元的加法器电路原理图；

[0015] 图 6 为本发明的数据显示分析系统波形显示图。

(五) 具体实施方式

[0016] 下面结合附图举例对本发明作进一步说明。

[0017] 实施例 1 :结合图 1 本发明一种基于柔性电路板的动态应变在线采集存储系统,它是由硬件电路单元 (1)、单片机程序单元 (2) 和数据显示分析单元 (3) 组成的,单片机程序单元 (2) 分别连接硬件电路单元 (1) 和数据显示分析单元 (3)。

[0018] 本发明还有以下技术特征：

[0019] 所述的硬件电路单元 (1) 包括电桥电路 (4)、仪表放大器电路 (5)、滤波电路 (6)、加法器电路 (7) 单片机 AD 转换 (8) 和 SD 卡电路 (9),电桥电路 (4) 连接仪表放大器电路 (5),仪表放大器电路 (5) 连接滤波电路 (6),滤波电路 (6) 连接加法器电路 (7),加法器电路 (7) 连接单片机 AD 转换 (8),单片机 AD 转换 (8) 连接 SD 卡电路 (9)。

[0020] 所述的单片机程序单元 (2) 包括数据采样 (10) 和数据存储 (11),数据采样 (10) 连接数据存储 (11)。

[0021] 所述的数据显示分析单元 (3) 包括数据初步变换 (12)、应变显示 (13)、数据分析 (14) 和数据导出 (15),数据初步变换 (12) 连接应变显示 (13)、数据分析 (14) 和数据导出 (15)。

[0022] 实施例 2 :结合图 1- 图 5,本发明无需外接电源线,采用了柔性电路板固定器件,所以采集系统可以依附于被测物而固定,实现了采集系统与服役条件下被测物一体化的测量。采集系统主要有硬件电路部分、单片机程序部分、上位机数据处理软件部分等三个部分。本系统采用电阻应变片采集应变信号,信号经过放大,滤波,加法后送至单片机进行 A/D 转换,并将转换所得数据存储至 SD 卡中,再通过对 SD 卡的数据分析和显示得出所需的实验数据。

[0023] 硬件电路部分

[0024] 1/4 桥电路部分：

[0025] 采用 1/4 桥电路,系统要达到多路采集,而为了是信号处理部分不至于过大,我们采用多路数字控制模拟开关来达到多路采集的效果。所以电桥电路如图 2。

[0026] 由图 2 以及所应变片参数可以计算出,电桥输出最大后电压 (近似值) 为式 1：

[0027] $U_{sc} = U_0 \times K \varepsilon / 4 = 3.3 \times 2 \times 60000 \times 0.000001 / 4V = 0.099V$

[0028] 式 1

[0029] (其中 U_{sc} 为电桥输出电压 ; U_0 为桥源电压 ; K 为应变片灵敏系数,此处固定为 2 ; ε 为应变值),信号十分微弱,所以必须对信号进行放大。

[0030] 仪表放大器电路：

[0031] 采用仪表放大器 AD627AN 对电桥电路输出的信号进行差分放大。其输出电压为式 1.2：

[0032] $V_{OUT} = [V_{IN(+)} - V_{IN(-)}] \times (5 + 200k\Omega / R_G) + V_{REF}$

[0033] 通过设置 R_G 值来调整增益。由于 AD 转换采用的是单片机内 2.5V 的参考电压,而且由于受限与加法电路的基准电压值 (1.2V),所以在将 0.99V 升压至 1.2V 左右。有放

大电路的电压放大倍数 $\text{Gain} = 5 + 200\text{k}\Omega / R_c < 1.2 / 0.99 = 12.12$, 可得 $R_c > 28.085\text{k}\Omega$, 取 $R_c = 30\text{k}\Omega$, 此时放大电路的放大倍数为 11.67。仪表放大器电路如图 3。

[0034] 滤波电路：

[0035] 由于经放大后的输出不仅含有所需的信号, 还有高频噪声。而滤波电路的作用正是允许规定频率范围内的信号通过, 使得规定范围之外的信号衰减。此系统中振动信号 $\leq 1\text{kHz}$, 也即此时规定的信号频率为 $\leq 1\text{kHz}$, 而大于 1kHz 的信号都应被滤去。应使用低频滤波器——允许低频率的信号通过, 将高频信号衰减。

[0036] 本系统采用二阶低通有源滤波器对信号进行滤波, 并且开环增益为 1。

[0037] 其截止频率为式

$$[0038] \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

[0039] 滤波电路图 4。截止频率为： $f_0 = 1000.12\text{Hz}$ 。

[0040] 加法器电路：

[0041] 由于 AD 转换采用的是单片机内 2.5V 的参考电压, 这就决定了 AD 只能对正电压信号进行转换, 而把负电压信号全转换为 000H 了。但是实际中应变片的变形是两个方向的, 若一个方向上为正变形产生正电压信号是能测出的, 而另一方向上的变形为负变形产生负电压信号是测不出来的。为解决这一问题, 本系统中设计参数使得滤波后的信号范围为 $-1.20\text{V} \sim +1.20\text{V}$, 并将信号都加上 1.20V, 就能使得转换后的信号范围为 $0 \sim +2.4\text{V}$, 位于参考电压范围内, 可以进行转换。加法器电路如图 5。

[0042] 所需电压值有 $\pm 3\text{V}$, 1.2V , 均由基准电压发生器和电压反转器产生, 电源采用 12V 柱状电池。

[0043] SD 卡电路：

[0044] 由于本系统数据存储量大, 并要求数据能够方便的被转移, 故系统中采用 SD 卡进行数据存储。按照系统设计, 采样频率为 8kHz , 每个采样点分辨率为 12 位, 在不压缩的情况下, 一个采样点占用两个字节, 那么连续进行 120 分钟的八路数据存储所需的空间为：

$$[0045] \quad 8 \times 2 \times 8000 (\text{B/s}) \times 7200 (\text{s}) = 921600000 (\text{B}) = 878.91 (\text{MB})$$

[0046] 因此只需一个 1GB 的 SD 卡, 即可满足两个小时的数据存储量。本系统 SD 卡工作及通讯电压均为 3.3V。SD 卡的外形和接口如图 1.8 所示。根据 SD 卡与主控制器的通信协议不同, SD 卡对外提供两种访问模式: SD 模式和 SPI 模式。所用通信模式不同, SD 卡引脚的功能也不同, 在具体通信过程中, 主机只能选择其中一种通信模式, 而且通信模式一旦选定, 系统在通电情况下不能改变。SD 模式下, 主控制器使用 SD 总线访问 SD 卡, 而通常的单片机没有硬件 SD 总线, 尽管可以借助通用口线用软件仿真, 但访问速度较低, 还要占用大量 CPU 时间, 而单片机多具有 SPI 总线, 本系统就采用 MSP430 单片机所提供的 SPI 总线实现对 SD 卡的访问。本系统对 SD 卡的数据存储是通过 SPI (同步通讯) 接口完成。MSP430 的 USART 外围模块可以实现 SPI 模式的接口功能。模式的选择通过主控制器完成。

[0047] 单片机控制程序

[0048] 本系统单片机控制程序主要包括数据采样和数据存储两部分。由于数据存储的速度远远慢于数据采样的数据, 采用以数据存储为主程序, 数据采样中断主程序的方式变成。数据存储程序结构分为三个层次: SPI 操作、FAT 操作、文件操作。SPI 操作部分是单片机通

过 SPI 接口对 SD 卡进行的操作。主要是主机向 SD 卡发送命令,SD 卡向主机发送应答信号,SD 卡与主机之间的数据块传送。主要实现的功能是从 SD 模式切换到 SPI 模式、数据块读、数据块写等。FAT 操作部分是对 SD 卡的 FAT16 文件系统进行的操作,主要包括对 FAT 表的操作和对根目录的操作。

[0049] 数据显示分析系统

[0050] 数据显示分析系统的主要作用有:1、对 SD 卡中所存储的数据进行初步变换,由于采集板 SD 卡中存储的数据为电压信号经 AD 转换生成的数据,没有经过任何转换,所以需要将其转换为应变值,单位为微应变。2、将应变数据进行多种形式的显示,满足不同的分析要求。3、对应变数据进行简单的分析,提取出常用的包含各路数据的最大最小值显示,平均应变等信息。4、将应变数据导出并存储为易于观察的格式,其中典型数据导出为 excel 格式便于阅读和数据的分析。数据显示分析系统的示意图如图 6 所示

[0051] 测量原理

[0052] 测量信息的采集是通过金属应变片实现的,测量时首先将应变片粘贴在被测物体的测量点上。通过引线采集存储系统连接,在被测物工作之前开启采集存储系统的电路开关使其进入工作状态对应变信息进行读入存储。待被测物工作完成后从电路板上取下 SD 卡,通过 USB 将数据读入到电脑中,打开数据处理系统对数据进行显示和导出。

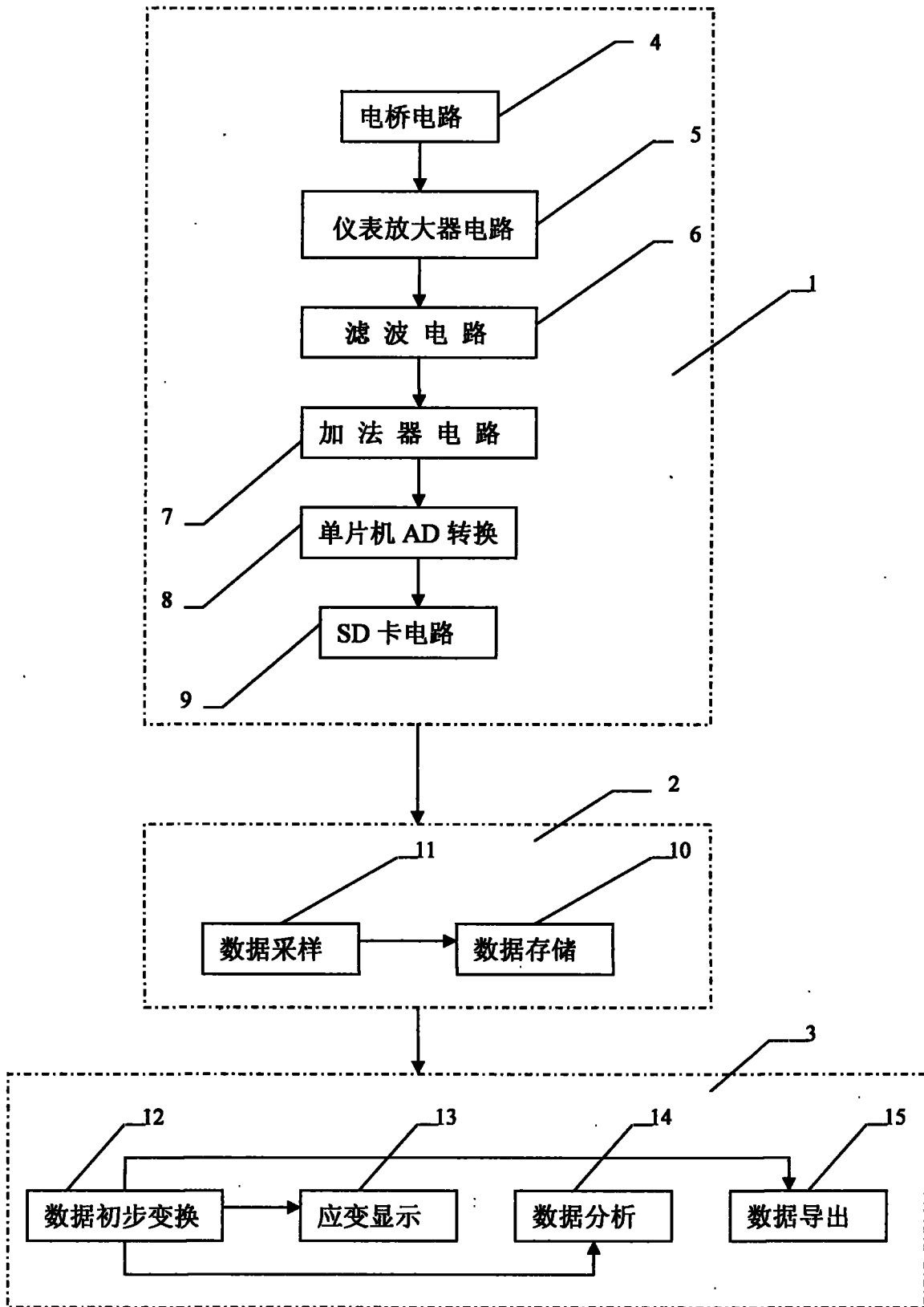


图 1

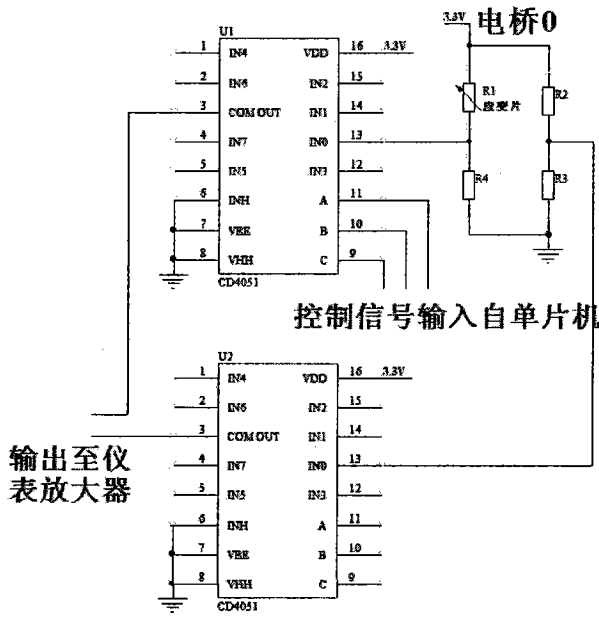


图 2

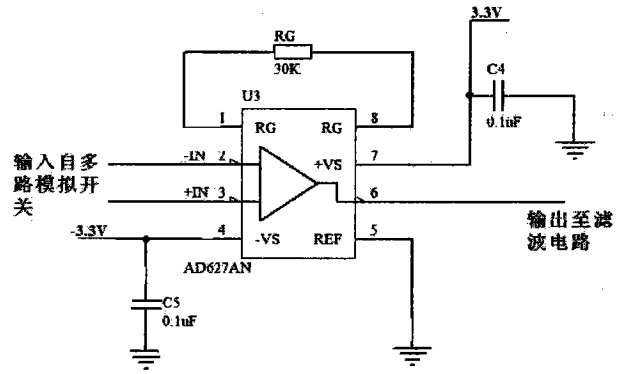


图 3

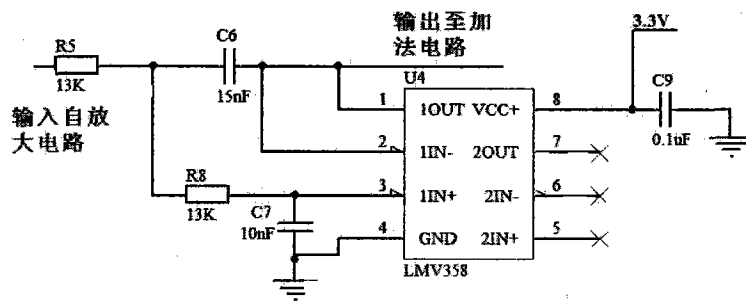


图 4

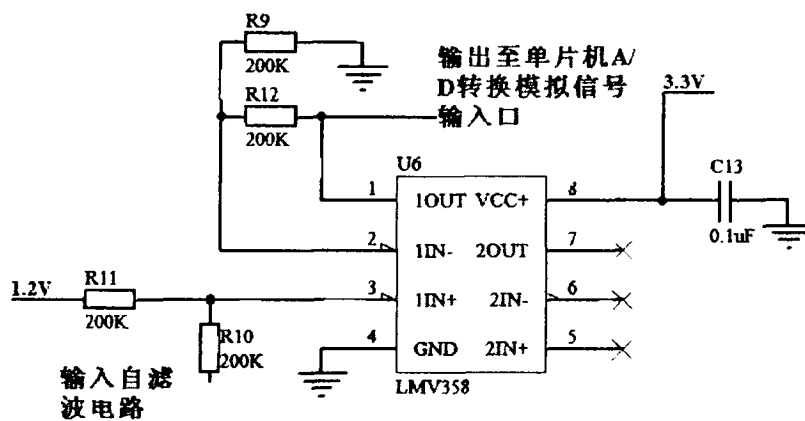


图 5

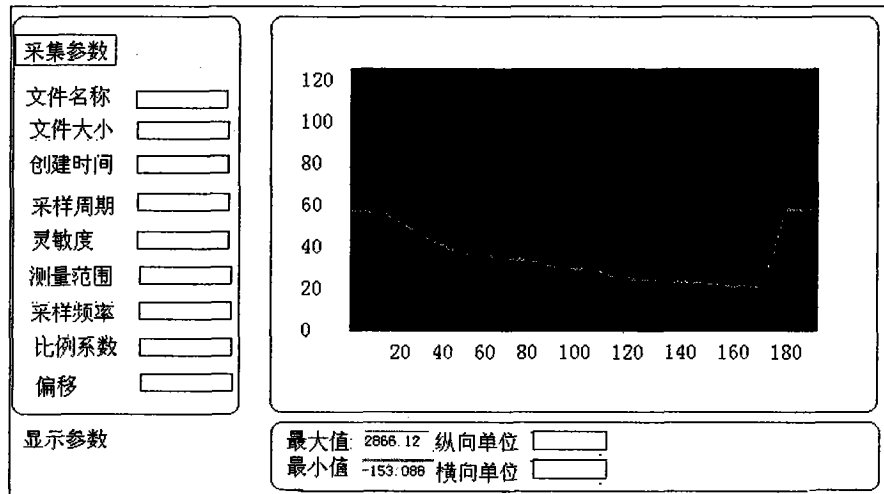


图 6