

位移-荷载智能检测仪的设计^{*}

康 赐 荣

(华侨大学电子工程系, 泉州 362011)

摘要 介绍一种位移-荷载智能检测仪, 讨论该仪器的组成和工作原理, 从硬件与软件设计上提高仪器的抗干扰能力, 并进行误差分析.

关键词 智能仪器, 单片机, 位移-荷载检测

分类号 TP 216: TH 82

工程工地一般都要求对在建的工程结构进行加载的结构强度测试, 而在国内、外市场上未见有位移和荷载的双功能智能检测仪产品. 目前, 位移和荷载是由两台独立的常规仪器分别进行检测的, 且检测数据记录和处理均由人工进行, 劳动强度大, 测试结果的准确性和可靠性均较低. 由于需要在高空进行测试作业, 工程技术人员企盼有轻巧的智能化的位移-荷载检测仪. 本仪器正是应现场需要而研制的, 其荷载测量范围是 00.000~99.999 t, 位移测量范围是 000.0~999.9 mm. 该仪器是以 8098 单片机为核心组成的位移和荷载检测数据采集处理系统, 可以定时或随机招呼方式进行位移和荷载的检测. 现场检测的数据经数字滤波、标度变换等存放在新型的掉电保护存储器 HK1225 中. 回到基地后, 通过仪器串行口把数据送入 PC 机内存并存盘. 由 PC 机对数据进行所需处理, 如显示和打印位移或荷载与时间之间关系的表格, 绘制位移与荷载的关系曲线等. 我们从硬件和软件两方面提高仪器的抗干扰能力.

1 检测仪组成及工作原理

荷载传感器是采用 BLR-1 型电阻应变拉压式传感器, 灵敏度为 $1.0 \sim 1.5 \text{ mV} \cdot \text{V}^{-1}$; 位移传感器则采用 FX 系列的直流差动变压器式位移传感器(DC, DC, LVDT), 满量程输出电压约 3 V. 放大电路中关键芯片选用具有共模抑制比高、能承受的共模电压较高等特点的 AD524 仪器放大器. 单片机选用 8098 准 16 位单片机, 有 4 根模拟输入线, 片内有 10 位 A/D 转换器, 有可供用户编程使用的 232 B 的寄存器阵列, 有 2 个 16 位定时器 T_1, T_2 和 1 个监视定时器 WDT. 操作数可为位、字节、双字, 指令丰富, 指令执行速度快. 数据存储器选用 HK1225 掉电保护 RAM, 内置锂电池, 数据存取时间小于 70 ns.

检测仪组成如图 1 所示^[1,2]. 它含有传感器、信号调理电路、8098 单片机、低 8 位地址锁存器 74LS373、程序存储器 2764、数据存储器 HK1225、键盘/显示器专用接口芯片 8279、键盘及

显示器等。

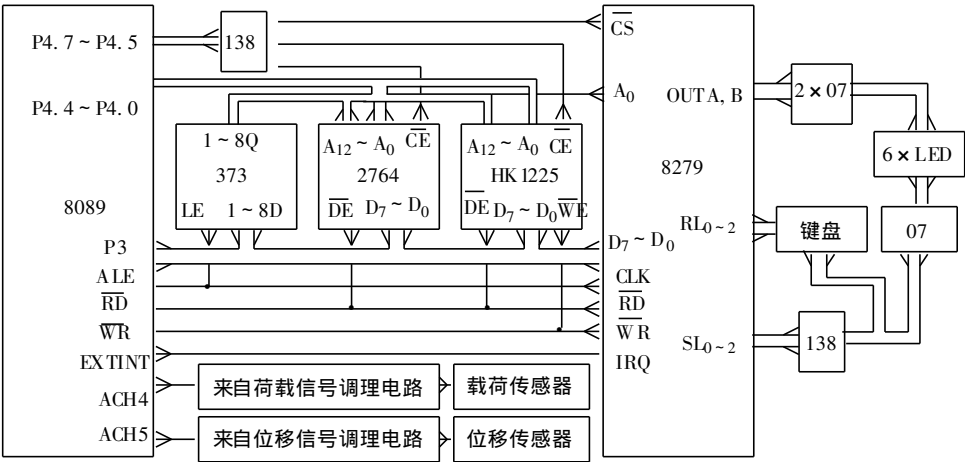


图1 检测仪的组成

8098 单片机的 P3 口为地址和数据分时复用的 I/O 总线, 需用 373 作为低 8 位地址锁存器, 它与 P4 口提供的高 8 位地址相组合对程序存贮器和数据存贮器进行寻址. P4 口高 3 位经 3-8 译码器译码后提供各芯片的片选信号, 它们决定了程序存贮器存贮地址为 2000~3FFFH, 数据存贮器存贮地址为 4000~5FFFH, 键盘/显示器专用接口芯片地址为 OFFFE~OFFFFH. 8279 键盘/显示器专用接口芯片担负着扫描键盘和显示器等任务以节省 CPU 处理时间, 它具有防抖动、提供键值等功能。

检测仪的工作原理, 是位移或荷载值经各自传感器转换成电压信号, 经放大、滤波等信号调理电路成 0~5 V 标准电压信号, 分别送入 8098 ACH4/P0. 4 和 ACH5/P0. 5 输入端. 经内部采样保持电路和 A/D 转换成数字信号, 再经数字滤波、标度变换后进行存储和显示. 显示器以 4 s 间隔交替显示荷载值和位移值。

键盘有 0~9 共 10 数字键, 用于设置参数值. 功能键有设置、确认、测荷载、测位移、显示时间和运行等键. 按下设置键, 显示器会依次提示键入所需参数值. 它们是当前时、分、秒(H, M, S), 荷载传感器满度值(P_{\max}), 位移传感器满度值(DL_{\max}), 采样时间间隔(T_s), 位移的单/双极性(S/D), 数字滤波中的数据个数(N)等. 显示的七段字形表如表 1 所示, 键值表如表 2 所示。

表 1 七段字形表

字 符	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H	N	P	L	d	t	n	暗
字形码	0C	9F	4A	0B	99	29	28	8F	08	09	98	8C	C8	7C	1A	78	BA	00

表 2 键值表

键	数 字 键										功 能 键						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	设置	确认	测荷载	测位移	显示时间	运行	备用
键值	C1	C2	C3	C8	C9	CA	CB	D0	D1	D2	D3	D8	D9	DA	DB	E0	E1~E3

2 仪器的软件设计

我们采用防脉冲干扰平均值的数字滤波方法^[6], 即对 N 个采样值剔除最大和最小样值后取平均的方法, 以消除或削弱外界干扰和噪声, 效果较满意. 以定时器 T_1 溢出时间和寄存器的计数值相结合, 以获得实时时钟和确定数据采样所需的周期时间. 数据送去显示之前要先经标度变换, 以还原成原来的被测物理量值. 由于荷载和位移传感器线性度相当好, 故标度变换可用线性公式进行. 荷载以下式计算

$$P = (P_{\max} - P_{\min}) (d - d_{\min}) / (d_{\max} - d_{\min}) + P_{\min},$$

式中 P_{\max} , P_{\min} 分别为荷载的最大值和最小值; d_{\max} , d_{\min} 分别为 P_{\max} , P_{\min} 转换的数字量; P 为数字量 d 所对应的荷载值. 位移按下式进行标度变换

$$DL = DL_{\max} d / d_{\max} - F DL_{\max} / 2,$$

式中 DL_{\max} , d_{\max} 分别为位移的满度值及转换的数字量; DL 为数字量 d 所对应的位移值; 系数 F 为 0 时, 是单极性, 而 F 为 1 时, 是双极性.

软件采用模块化设计, 包含 PC 机软件、检测仪软件等. PC 操作通过菜单选择, 用户界面友好. PC 机软件由其主程序、串行通信、绘制曲线和打印表格等模块组成, 采用 C 语言编程. 检测仪软件由其主程序、 T_1 中断服务子程序、信号采样子程序、数字滤波、标度变换、10-2, 2-10 转换子程序、按键中断服务子程序、显示子程序及串行通信子程序等模块组成. 现仅对其中一些主要模块做简要介绍.

PC 机主程序(图 2)在程序初始化后, 显示主菜单. 主菜单中有关命令选择项有: (1) 接收

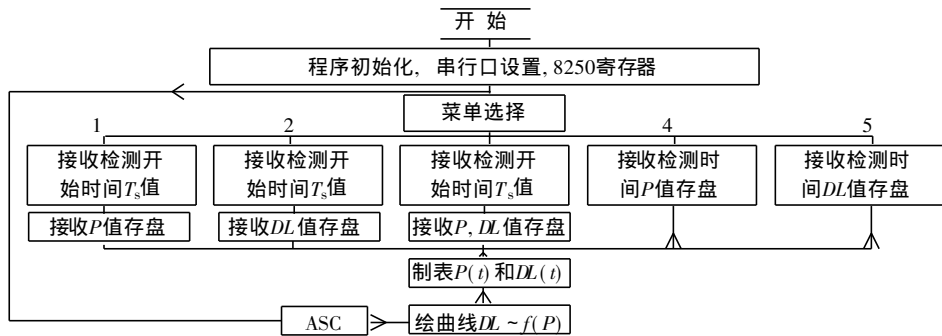


图2 PC机主程序流程图

定时检测的检测开始时间、采样时间间隔和各荷载值; (2) 接收定时检测的检测开始时间、采样时间间隔和各位移值; (3) 接收定时检测的开始时间、采样时间间隔和各荷载及位移值; (4) 接收随机检测的各检测时间和荷载值; (5) 接收随机检测的各检测时间和位移值. 这些命令分别以约定代码 1~5 发送给检测仪, 检测仪对命令代码进行分析后, 从指定的数据区把数据发送给 PC 机. PC 机把数据存盘后, 进行制表 $P(t)$ 和 $DL(t)$, 绘制 $DL \sim f(P)$ 曲线. 按 ASC 键返回主菜单, 若选打印项可对结果进行硬拷贝.

检测仪主程序(图 3)首先进行初始化——参数和变量内定值设定, 8279、串行口初始化, 清中断登记寄存器, 设置中断屏蔽寄存器, 标志赋初值等. 在按“运行”键之前, 检测仪显示当前的时分秒. 按“运行”键后, 存时间, 调用数字滤波、标度变换、显示子程序, 把 P 或 DL 值存

入相应的数据区, 同时以 4 s 为间隔依次显示当前的 P 和 DL 值。

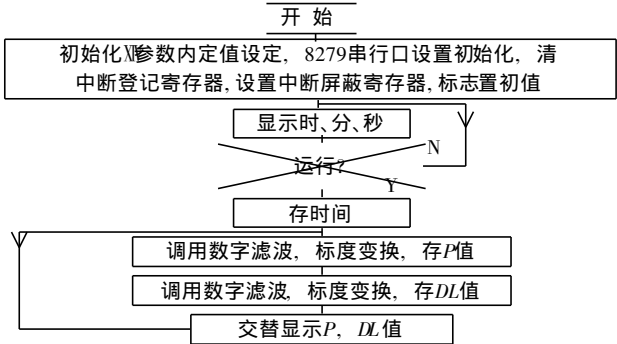


图3 检测仪主程序流程图

检测仪在运行前, 首先要“对时”, 即设置当前时分秒, 若所用参数和变量值不同于内定值, 则亦需重新设定。设置时按“设置”键, 显示器最左位置显示 H, 最右 2 位显示原时值。按数字键进行修改, 修改正确后, 按“确认”键; 接着显示器最左边显示 n, 最右 2 位显示原分。按数字键进行修改, 修改正确后, 按“确认”键……直到全部参数设置好。这样, 设置键、确认键和标志适当配合可依次设置各参数值, 减少键的数目。按“运行”键, 此后采样数据才存贮起来。若为定时检测荷载 P 值, 则在相应存贮区中存贮检测开始时分秒, T_s, P_1, P_2, \dots 按“荷载”键, 测荷载值, 在显示器显示 P 值, 并把当前时分秒、 P 值存贮。按“时间”键, 显示器显示当前时分秒 (图略)。

检测仪带回基地后, 与 PC 机联机, 通过串行通信把检测数据上载给 PC 机, 进行数据存盘、制表、绘曲线和打印等作业。由于检测仪与 PC 机距离近 ($< 1\text{ m}$), 环境干扰小, 所以在收发过程中仅采用检验“累加和”检错技术, “累加和”出错时则要求重发 (图 4, 5)。

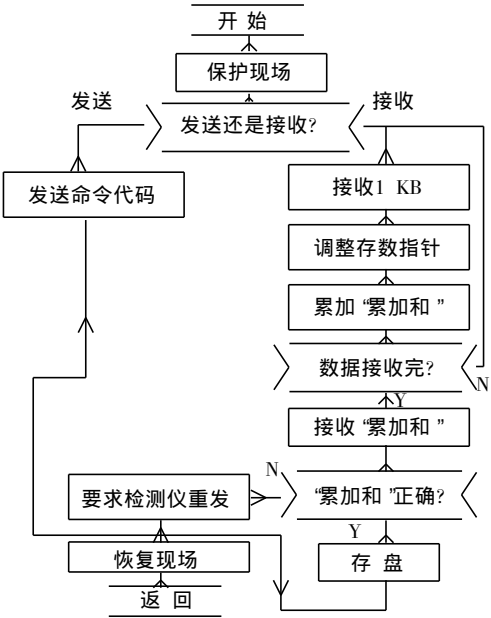


图4 PC机串行通信子程序流程图

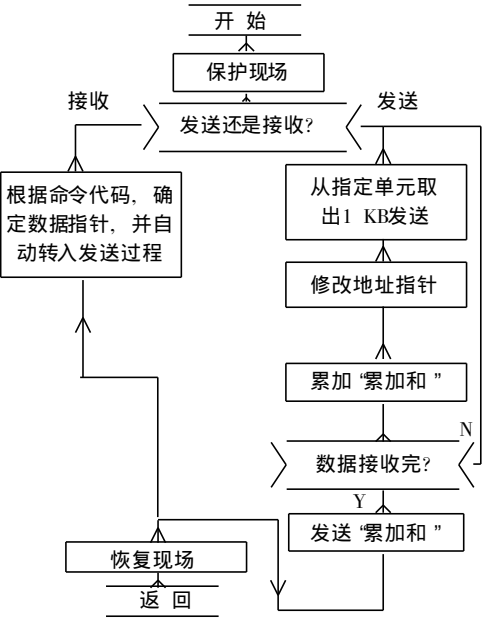


图5 检测仪串行通信子程序流程图

3 抗干扰措施及误差估计

检测仪在工作中会遭受外界电磁干扰、静电感应、地线干扰和内部噪声等。为了削弱干扰和噪声影响,提高检测仪工作可靠性和测量准确性,我们从硬件、软件两方面采取措施提高检测仪的抗干扰能力。在硬件上,采用交流输入端加交流滤波器和隔离变压器以抑制电网来的干扰,用低通滤波器把高于被测信号(低频缓变信号)上限频率的干扰、噪声滤去。前置放大器采用高抗扰的 AD524 仪器放大器,以及仪器加多层屏蔽和合理接地等措施。在软件方面,采用“看门狗”技术,使检测仪受到严重干扰后能自动恢复。采用防脉冲干扰的平均值的数字滤波方法,把位于被测信号频带内的噪声和干扰削弱或消除,以及串行通信差错控制和异常报警等技术。

检测仪误差来自传感器、放大滤波电路和 A/D 转换器等部件。本检测仪要求测量误差不大于 1.5%。8098 单片机片内的 A/D 转换器是 10 位,故其量化误差约等于 0.1%;位移、荷载传感器由其非线性、零漂和温漂引起的误差小于 1.0%;分配给放大滤波电路误差小于 1.0%,随机误差及其它因素引起的残余误差可允许为 0.49%。

为简化计算,又不夸大误差,检测仪总的相对误差按各分项相对误差的平方和的平方根进行计算,即

$$r = \sqrt{r_{\text{sen}}^2 + r_{\text{amp}}^2 + r_{\text{AD}}^2 + r_{\text{oth}}^2} = \sqrt{1^2 + 1^2 + 0.1^2 + 0.49^2} = 1.5(\%),$$

式中 r_{sen} , r_{amp} , r_{AD} 和 r_{oth} 分别为传感器、放大滤波电路、A/D 转换器及残余误差的相对误差。

徐海峰、陈晓健和林金玉同志参加本检测仪的研制工作,在此表示谢意。

参 考 文 献

- 1 戴在平. 多微机数据采集存贮系统. 华侨大学学报(自然科学版), 1998, 19(1): 85 ~ 89
- 2 康赐荣. 基于 ANN 的自适应 PID 控制器的仿真研究及单片机实现探讨. 华侨大学学报(自然科学版), 1996, 17(3): 312 ~ 316
- 3 张毅刚, 乔景禄. 8098 单片机应用设计. 北京: 电子工业出版社, 1993. 255 ~ 262

Design of Displacement-Load Detecting Instrument

Kang Cirong

(Dept. of Electron. Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract A dual functional instrument, displacement-load intelligence detecting instrument is presented. An exposition is made on its composition, working principle, hardware and software design, antiinterference measures and error analysis.

Keywords intelligence instrument, single chip microcomputer, displacement-load detection