

# 基于 DSP 的管道漏点快速定位系统的设计与实现

闫艳霞, 郑晓婉, 姜利英

(郑州轻工业学院 电气信息工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**针对我国地下自来水管道的漏水检测中传统的听音法可靠性差等问题,利用相关检测原理,以高速、低功耗的 DSP 芯片作为控制和处理核心,并辅以数据采集、键盘和显示电路,设计了地下管道漏点快速定位系统.测试结果表明,该方法具有精度高、成本低、功耗低和操作方便等优点.

**关键词:**管道快速定位漏点;相关检测法;DSP;压电式声波传感器

**中图分类号:**TN248.4 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1004-1478.2012.04.002

## Design and implementation of rapid positioning system of underground pipeline leak point based on DSP

YAN Yan-xia, ZHENG Xiao-wan, JIANG Li-ying

(College of Electr. and Infor. Eng., Zhengzhou Univ. of Light Ind., Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** At present, China's underground water pipe leak detection methods adopt the traditional passive detection method and listening method. These methods have some limitations such as low reliability. A rapid positioning system of underground pipeline leak point was designed. The system used correlation detection principle, and took advantage of high-speed, low power DSP chips as a control and processing core. Furthermore data collection, keyboard and display circuit were designed. The test results showed that the system had high accuracy, low cost and power consumption. The detector was easy to operate.

**Key words:** pipeline leak point rapid positioning system; correlation detection method; DSP; piezoelectric acoustic sensor

## 0 引言

地下管道的渗漏,特别是管道暗漏已经严重影响了城市水资源的利用率.据统计,管道的滴流漏水量约为 3.6 L/h,线流漏水量约为 17 L/h,较大线流漏水量为 670 L/h.在我国城市给水系统中,每年有数十亿吨自来水白白流失,造成水资源的严重浪

费,可见地下管道漏点检测非常重要<sup>[1]</sup>.

目前我国普遍采用的管道泄漏检测方法是音听法,然而埋在地下较深的管道,特别是比较小的泄漏,产生的泄漏噪声是很小的,人耳很难分辨,所以这种方法很不可靠<sup>[2]</sup>.鉴于此,本文拟使用相关时延漏点检测技术与原理<sup>[3-4]</sup>,并以 DSP 为核心数据处理处理器,设计一种地下管道漏点快速定位系统.

收稿日期:2012-02-15

基金项目:国家自然科学基金项目(61002007)

作者简介:闫艳霞(1980—),女,河南省郑州市人,郑州轻工业学院讲师,硕士,主要研究方向为电子测量.

## 1 相关检测原理

管道漏点定位相关检测原理见图1。漏点处声信号  $S(t)$  到  $A, B$  两点的信号分别为  $x_1(t) = a_1 S(t - t_1)$  和  $x_2(t) = a_2 S(t - t_2)$ ,  $t_1, t_2$  为声波自漏点传播到点  $A$  和  $B$  所需要的时间,  $a_1, a_2$  为衰减因子。

设  $A$  和  $B$  间距离为  $D$ ,  $A$  和  $B$  到漏点的距离为  $L_A$  和  $L_B$ , 漏水声速度为  $V$ , 到达  $A, B$  两点的时间为  $t_1 = \frac{L_A}{V}$  和  $t_2 = \frac{L_B}{V}$ , 两者的时间差为  $\Delta t = |t_1 - t_2| =$

$$\left| \frac{L_A - L_B}{V} \right|, \text{ 则有 } L_B = \frac{D - V\Delta t}{2}.$$

$\Delta t$  可由  $x_1(t)$  和  $x_2(t)$  的互相关函数确定,  $R_{x_1x_2}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T a_1 S(t - t_1) a_2 S(t - t_2 + \tau) dt$ ,  $R_{x_1x_2}(\tau)$  在  $\tau = |t_1 - t_2| = \Delta t$  处有极大值。因此, 由互相关函数  $R_{x_1x_2}(\tau)$  可求出  $\Delta t$  值, 从而可确定漏点位置。若漏点在  $A, B$  两测试点外, 则相对时延满足  $|\Delta t| = D/v$ 。

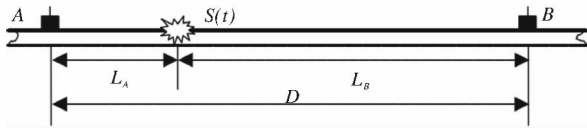


图1 管道漏点定位相关检测原理

检测时, 在  $A, B$  点分别放置 2 个压电传感器, 把微弱漏水声信号转换成电信号。通过电缆送到与传感器阻抗相匹配的前端放大, 通过带通滤波器进行预处理, 以减少噪音的干扰。该信号再经过电压放大, 经数据采集并进行采样和量化, 然后对数据进行处理, 得出  $\Delta t$ , 从而确定漏点的具体位置。

## 2 系统硬件设计

该系统硬件组成见图2。系统以 DSP 芯片 TMS320VC5402 为核心<sup>[5]</sup>, 辅以数据采集、键盘和显示电路。通过压电式声波传感器将漏水处产生的声波转换为 2 路电信号, 经过放大后直接由 24 位 A/D 转换器转换为数字信号, 送入 DSP 处理器; 信号在 DSP 内部经滤波、相关处理得到 2 路信号的时延估计, 最后根据声音在管道传输的速度和传感器间距离, 计算出管道上漏点的具体位置。利用键盘对系统进行控制并输入需要的参数, LCD 显示提示信息以及最终的运算结果和相关波形插入。

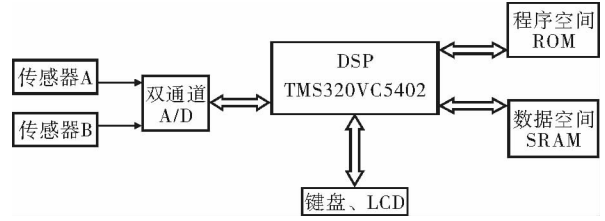


图2 系统硬件组成

### 2.1 传感器的选择

本系统选用的传感器为 DYP—ME400K 声波传感器, 声音信号经压电式传感器转换为电信号后, 直接在传感器部分放大 20 倍以提高传感器的灵敏度。

### 2.2 A/D 与 DSP 的接口连接

使用 24 位的 A/D 转换器 CS5360 插入传感器输出信号进行量化, 因 CS5360 为差动模拟输入, 因此送入 A/D 前需对其进行单一双极性转换, 转换电路见图3。

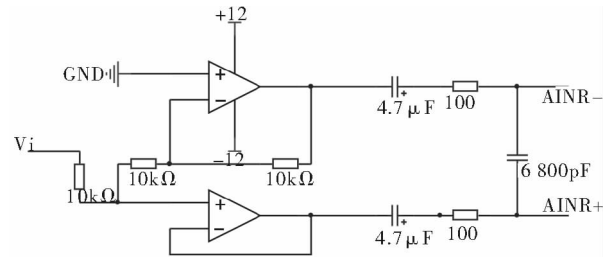


图3 单一双极性转换电路

CS5360 的输出可直接与 DSP 的 McBSP 相连, 但因 CS5360 为 5 V 电平, 所以需要增加缓冲器 74LVC16245 来实现电平转换, A/D 转换模块见图4。

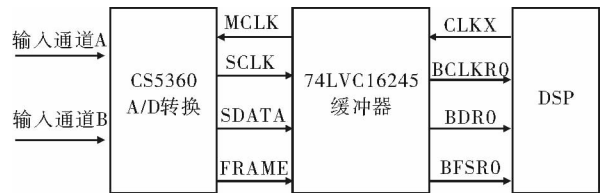


图4 A/D 转换模块

### 2.3 程序存储空间和数据存储空间

系统选用的程序存储 FLASH 是 ADM 公司的 Am29LV160D, 选用的数据存储 RAM 是 Cypress 公司的 CY7C1021。

### 2.4 键盘电路的设计

本系统中键盘主要键码信息有 0—9 数字键、

“↑”、“↓”、“退出”、“输入”、“退格”和“重测”。为了键盘(慢速)与DSP(快速)能够速度匹配,选择微控制器 AT89C2051 接收按键信息,编码后通过异步串口将码值送给 DSP。

### 2.5 液晶显示模块及接口电路

系统选择 EDM240128 液晶模块,DSP 将数据通过锁存器 74LV373 送给液晶模块,由于液晶模块的电平是 5 V 的,而 DSP 是 3.3 V 接口,因此在数据传输时需要经过电平转换,设计时在接口上增加锁存器 SN74LVC373。

## 3 软件设计与处理算法

系统软件流程和数据处理软件流程见图 5。

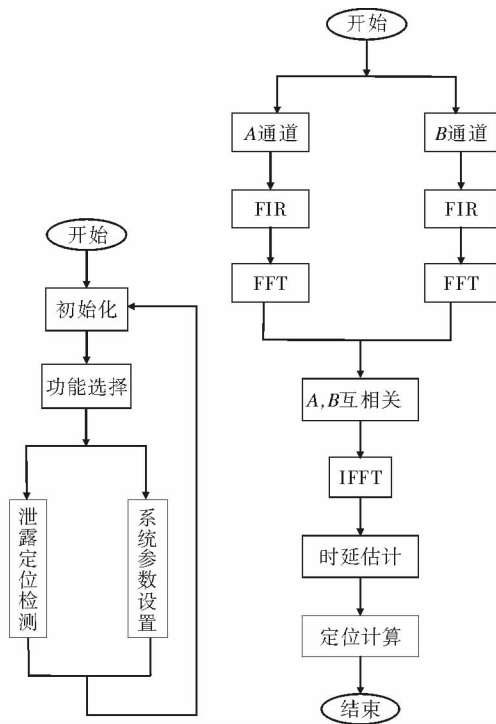


图 5 系统软件流程和数据处理软件流程图

数据处理程序是本设计的核心部分,这部分程序的功能是对接收到的数据预先进行滤波处理,然后分别对 2 个通道数据进行快速傅里叶变换,将时域信号转换为频域信号. 转换完毕后将 2 个通道信号的傅里叶变换进行相关分析,得到相关函数序列,从相关函数的序列中找到峰值点(就是 2 个通道信号之间的时间差),再根据其他相关信息,就可以对地下管道的漏点进行定位了。

软件设计中采用较成熟的 FFT 算法<sup>[6]</sup>,结合硬

件采用 DSP 芯片实现,数据处理速度很快,因此系统实时性较好。

## 4 测试结果及讨论

在长度为 15 m 的自来水管道的 A, B 两端固定 2 个传感器,然后在中间放水模拟漏点. 漏水点距离 A 端  $L_A = 6$  m, 测试共采集了 10 组数据,经过处理,测试结果如表 1 所示. 由表 1 可知,测试绝对误差最大为 0.21 m,效果比较理想。

表 1 测试结果

序号	$L_A/m$	误差/m	序号	$L_A/m$	误差/m
1	5.81	0.19	6	5.89	0.11
2	5.79	0.21	7	6.13	-0.13
3	6.03	-0.03	8	6.05	-0.05
4	6.12	-0.12	9	5.98	0.02
5	5.96	0.04	10	6.07	-0.07

## 5 结论

本文针对传统方法可靠性差的问题,以高速、低功耗的 DSP 芯片为控制和处理核心,并辅以数据采集、键盘和显示电路,给出了地下管道漏点快速定位系统的设计. 实际测试表明,该系统具有精度高、实时性好、成本低、功耗低等特点. 但是,该系统仅限于漏点在 2 个传感器之间,并且仅有 1 个漏点的检测,当漏点在 2 个传感器之外或存在多个漏点时仍无法准确定位. 因此,改进系统以便其能适应更多情况下的漏点检测,将是下一步的研究重点。

### 参考文献:

- [1] 李卫海,林碧华,廖海山. 城镇排水管道技术的发展与应用[J]. 广州建筑,2009(1):33.
- [2] 王继华,彭振斌,关镶锋. 供水管网检漏技术现状及发展趋势[J]. 桂林工学院学报,2004(10):456.
- [3] 邱增凯,王启万,孙中,等. 地下自来水管道的测漏仪的改进设计[J]. 气象水文海洋仪器,2003(3):29.
- [4] 王言章,程德福,张宁. 地下管线测漏仪中数据的采集和预处理[J]. 管道技术与设备,2004(3):11.
- [5] 熊印国. 基于 TMS320 的矿井深度指示器的设计与应用[J]. 矿山机械,2011(10):42.
- [6] 李永胜,丁永泉,吕林夏. 基于 FFT 的水下动目标回波仿真[J]. 四川兵工学报,2012(1):136.