

一类基于 F2812 DSP 的简易流量计

王勇¹ 孙峰²

摘要

基于高性能的 TI F2812 DSP 处理器,设计了一类简易的超声波流量计.提出了发射探头在上,下方 2 个接收探头的三角结构,使得顺逆流时间可以同时测量,避免了测量不同步引入的误差.通过添加一个小键盘和液晶显示单元使整个装置小巧便于使用.另外,还给出了详细的硬件电路设计.实验结果表明该流量计能够用于对液体的测量.

关键词

超声波;数字信号处理器;流量计;仪器

中图分类号 TP23

文献标志码 A

0 引言

当超声波穿越流动的流体时将携带该流体流速的信息,因此通过接收到的超声波就可以检测出流体的流速,从而换算成流量.随着近十几年集成电路技术的迅速发展,超声波流量计作为一种非接触式仪表,为测量不易接触和观察的流体以及大管径流量提供了一种新的思路.由于该类流量计无须在流体中安装测量元件,不改变流体的流动状态,同时仪表的安装及维护不影响生产管线的正常运行,因此受到了工业流量测量界的普遍重视^[1-2].

超声波流量计根据不同的信号检测方法,可分为传播速度差、波束偏移、多普勒、相关、噪声法等类型.传播速度差法通过测量超声波脉冲顺流和逆流传输时具有不同的传播速度,从而利用速度差来反映流体的流速.尤其是其中的时差法能够克服声速随流体温度变化而产生的误差,使得测量的准确度大为提高,因而应用广泛^[3-6].普通的时差法将 2 个超声波传感器按照一定角度安装在管壁上,通过测量超声波信号的顺流到达时间和逆流到达时间来计算管道内的流体流速进而得到流量等数据^[7].由于该方法中顺流逆流是依次测量的,当管道内流体非匀速流动时将产生额外的测量误差,因此有必要对该方法进行改进.另外,由于超声波传输速度非常快,当管道内径较小时,如何精确测量超声波传输时间对流量计的测量精度影响重大.

1 方案设计

鉴于普通时差法顺、逆流检测的不同步导致额外的误差,本设计在管道的上方设置超声波发射探头,下方的 2 个接受探头与之呈等腰三角形.当超声波信号由上部发射后,下方的 2 个接受探头同时采集信号,从而实现了对顺、逆流时间的同步检测.为实现对顺、逆流时间差的精确测量,本设计采用 TI F2812 作为核心处理器,其 32 位分辨率定时器可以进一步提高系统的测时精度.本流量计的整体设计如图 1 所示.

在图 1 中,由键盘输入当前管道的内径及下方 2 个接收探头的间距信息,经确认后 F2812 DSP 控制发射电路激发超声波,同时启动定时程序.2 路接收电路分别将接收到的超声波信号滤波放大后送入 DSP 的 GPIO 口,处理器通过扫描方式在对应 IO 口变为高电平时分

收稿日期 2011-10-14

资助项目 深圳市科技局科研基金(SY2008-06300264A);南京信息工程大学大学生实践创新项目(N1885010102)

作者简介

王勇,男,硕士,高级工程师,研究方向为智能仪器及其装备.yongw_sz@yahoo.com.cn

1 深圳信息职业技术学院 科研设备处,深圳,518029

2 南京信息工程大学 信息与控制学院,南京,210044

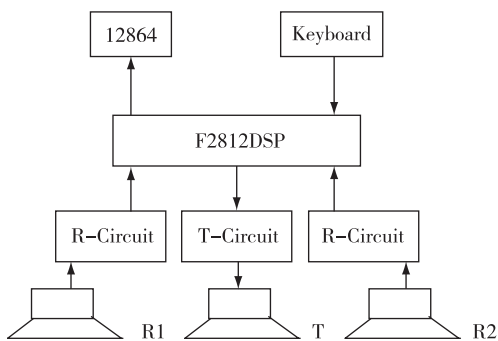


图1 整体设计示意

Fig. 1 The block diagram of ultrasonic flowmeter design

别保存 2 路接收电路采集到信号时的定时器值并换算成具体的时间. 设顺流时长为 t_s , 逆流时长为 t_n , 超声波在静止流体中的传播速度为 c , 管道直径方向与超声波传播方向的夹角 θ , 管道内径 D , 则在顺流和逆流时分别有

$$c + v \sin \theta = \frac{D / \cos \theta}{t_s}, \quad (1)$$

$$c - v \sin \theta = \frac{D / \cos \theta}{t_n}. \quad (2)$$

令 $\Delta t = t_s - t_n$, 合并(1), (2), 可得:

$$v = \frac{D / \cos \theta}{2(t_n + \Delta t) t_n \sin \theta} \Delta t = \frac{D / \cos \theta}{2 t_s t_n \sin \theta} \Delta t, \quad (3)$$

由式(3)即可算出流速, 进而得到流量信息.

2 硬件设计

2.1 发射电路设计

发射电路如图 2 所示. 超声波探头为 T40-160, V_1 、 V_2 构成类似达林顿复合结构以提高响应速度.

DSP 产生的 PWM 方波信号经 PWM1 端子控制 V_1 的开通和关断, 当 V_1 导通时, 发射信号经变压器 TP 放大后加载到发射探头的两端. 变压器一次侧与二次侧的变比为 1:20, 加到 R_1 两侧电压峰值约 60 V, 经 C_1 、 C_2 微调负载电容形成谐振, 再由逆压电效应激发探头内的晶片产生超声波信号. 谐振易引起较长的余波时间, 对近距离的回波产生干扰, 可以通过调整 R_1 值消耗谐振回路电流以加速余波衰减^[8]. C_3 提供 V_1 开通初始阶段的电流通路, 达到饱和后切换到 R_2 支路以防止过流损坏晶体管. R_3 、 D_1 在 V_1 关断时为二次侧电感内的能量提供续流通路, 从而经变压器产生反向激发脉冲信号.

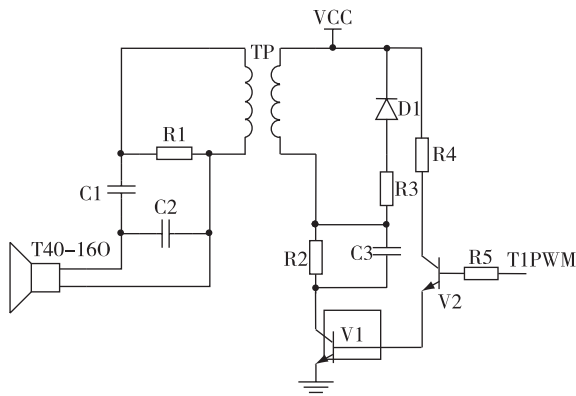


图2 超声波发射电路

Fig. 2 Ultrasonic transmitter circuit

2.2 接收电路设计

超声波接收电路如图 3 所示. 接收到的超声波信号经 V_1 一次放大后, 利用 D_1 、 D_2 对其整流, 由 L_1 进行滤波后的信号经 R_5 作为放大器 LM358 的 A 组

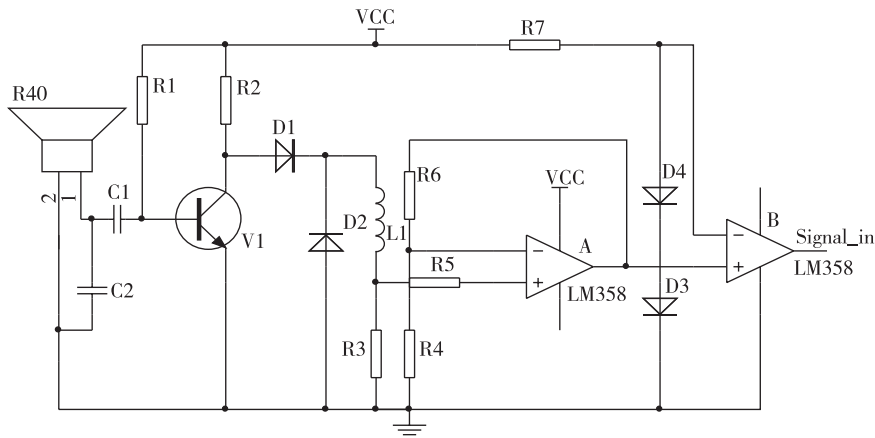


图3 超声波接收电路

Fig. 3 Ultrasonic receiving circuit

正端输入, R_6 将 A 组的输出回馈至其负端构成二次放大电路, 此时的信号约为 2 ~ 3 V 之间的波形平稳的直流信号. 将该信号接到 LM358 B 组的正端, B 组的负端输入接入比较电压, 其值为 D_1 、 D_2 顺向串联时的导通压降, 约为 1.4 V. 取 B 组为开环接法构成电压比较器, 当正端信号大于比较电压, 经饱和放大后输出 VCC, 反之则输出为低电平. 将比较器输出的信号接到 DSP 的 GPIO 口, 用于判断是否接收到超声波信号.

2.3 控制电路

F2812 DSP 采用高性能的静态 CMOS 技术, 时钟频率可达 150 MHz (6.67 ns), 其内核电压为 1.8 V, I/O 口及 Flash 编程电压为 3.3 V, 其高性能低功耗特性使之成为众多产品设计的首先^[9-10]. 控制电路原理如图 4 所示. 发射电路所需的方波信号由事件管理器 EVA 的通用定时器 T1 产生的独立 PWM 波形构造, 使能 PWM, 当 T1 计数寄存器 TICNT 的值和 TICMPR 的值相等时产生比较匹配事件, T1PWM 引脚即可输出 PWM 波形. 选择 TICNT 的计数方式为连续增/减计数产生对称的 PWM 波形. 2 路接收信号接 GPIOB0-1, GPIOB2-5 用于控制 12864 液晶显示单元. GPIOA0-2 为 3X3 矩阵键盘的输入, GPIOA3-5 接该键盘的输出.

3 实验及分析

实验中选用直径 10 cm, 长度约 50 cm 的塑料管道沿水平方向放置, 将发射探头置于管道正上方, 正下放的 2 个接收探头与之呈等边三角形结构. 在管道注入自来水, 调整流速约 5 ~ 6 cm/s, 启动流量计分别测量顺逆流时间. 表 1 给出了其中的 21 次测量值, 其中, CH1、CH2 分别表示顺、逆流测量值, 单位为 μs .

由表 1 的测量结果可以看出, 顺、逆流的传输时

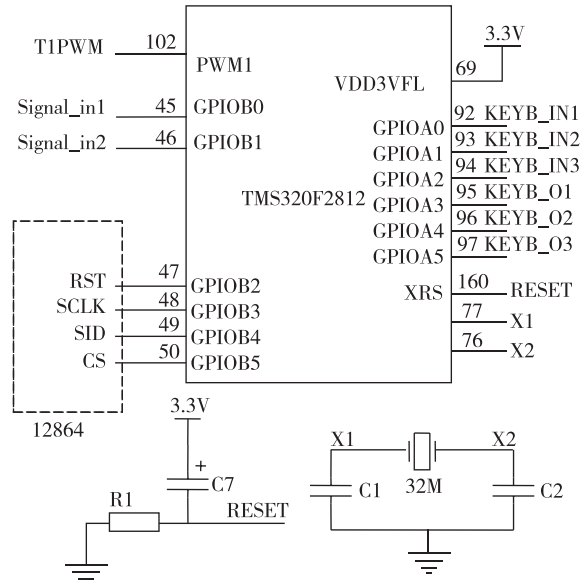


图 4 控制电路原理

Fig. 4 Schematic diagram of control circuit

间有明显差异, 但是也有个别异常数据, 如第 3、4、11 及 16 次均有 65 535 出现. 这种情况主要是外界干扰使得接收电路未能检测到超声波信号. 为了避免此类情况的发生, 引入均值滤波, 测量时将无效数据予以剔除, 取 5 次有效值的平均值作为本次测量的结果. 表 2 给出了部分经滤波后的顺、逆流传输时间, 利用式(3), 可以算出流速在 5 ~ 6 cm/s 之间, 从而验证了本方法的有效性.

表 2 滤波后的顺逆流传输时间对比表

Table 2 Transmission time after digital filtering at two directions

次数	CH1/ μs	CH2/ μs	次数	CH1/ μs	CH2/ μs
1	1 191	1 207	5	1 205	1 220
2	1 195	1 210	6	1 201	1 216
3	1 204	1 218	7	1 196	1 209
4	1 211	1 227	8	1 189	1 205

表 1 顺逆流传输时间对比表

Table 1 Transmission time at two directions

次数	CH1	CH2	次数	CH1	CH2	次数	CH1	CH2
1	1 206	1 234	8	1 208	1 226	15	1 206	1 215
2	1 208	1 234	9	1 214	1 232	16	65 535	1 223
3	65 535	1 243	10	1 207	1 218	17	1 212	1 227
4	65 535	1 238	11	65 535	65 535	18	1 211	1 225
5	1 210	1 228	12	1 211	1 225	19	1 214	1 229
6	1 204	1 223	13	1 214	1 232	20	1 208	1 228
7	1 201	65 535	14	1 209	1 231	21	1 212	1 230

4 总结

本文设计了一类基于 DSP 的简易超声波流量计,提出了发射与接收探头的三角形结构,将接收信号转换为高电平信号,利用扫描 IO 口分别记录顺逆流时间,从而计算出流量.对实验中出现的干扰采用了均值滤波方法,使得测量结果更为准确、可靠.实验的结果表明该方法能够用于对流体的测量.本设计中尚未考虑温度对测量精度的影响,另外,根据理论设计的要求,超声波只有在管道内注满液体时才能完全传播,而一般的管道难以注满,使得接收到的信号非常微弱,受干扰的影响较大.这些影响需要在今后的工作中加以解决.

参考文献

References

- [1] 张兴红,张慧,王先全,等.超声波流量计高分辨率 A/D 转换电路设计与实现[J].仪表技术与传感器,2011(2):22-25
ZHANG Xinghong, ZHANG Hui, WANG Xianquan, et al. Design and implementation of A/D conversion circuit for high-resolution ultrasonic flowmeter [J]. Instrument Technique and Sensor, 2011(2): 22-25
- [2] 吴志敏,苏满红,叶玮渊.时差法超声波流量计流速修正系数的数值模拟[J].工业计量,2008,18(4):1-4
WU Zhimin, SU Manhong, YE Weiyuan. Numerical simulation of flow velocity correction factor for ultrasonic flowmeter with transit time method [J]. Industrial Measurement, 2008, 18(4): 1-4
- [3] 杨萍,张玉杰,兀旦晖.基于 DSP 的新型超声流量计[J].陕西科技大学学报:自然科学版,2009,27(6):99-101
YANG Ping, ZHANG Yujie, WU Danhui. New ultrasonic flowmeter based on DSP [J]. Journal of Shaanxi University of Science & Technology: Natural Science Edition, 2009, 27(6): 99-101

- [4] 石晓娟.高精度超声波流量计的设计[J].科技创新导报,2009(18):82-83
SHI Xiaojuan. Design of high precision ultrasonic flowmeter [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2009(18): 82-83
- [5] 石伟舟,李艾华,王小波.基于 DSP 和 FPGA 的便携式超声波流量计设计[J].仪表技术,2010(7):14-16
SHI Weizhou, LI Aihua, WANG Xiaobo. Design of portable ultrasonic flowmeter based on DSP and FPGA [J]. Instrumentation Technology, 2010(7): 14-16
- [6] 贾晓东,唐祯安.基于 SOPC 的超声波流量计的研制[J].电子测量技术,2008,31(9):178-180
JIA Xiaodong, TANG Zhenan. Development of ultrasonic flowmeter based on SOPC [J]. Electronic Measurement Technology, 2008, 31(9): 178-180
- [7] 段允,王让定,孙广清.一种提升时差法超声波流量计精度的方法[J].微电子学与计算机,2009,26(8):44-48
DUAN Yun, WANG Rangding, SUN Guangqing. A modified algorithm to improve the accuracy of ultrasonic flowmeter with time difference method [J]. Microelectronics & Computer, 2009, 26(8): 44-48
- [8] 王建国,王玉辉,樊勇,等.基于 CPLD 技术的高速数据采集及其在流量计设计中的应用[J].仪表技术与传感器,2004(2):31-34
WANG Jianguo, WANG Yuhui, FAN Yong, et al. High speed data sample circuit based on CPLD technology and application in flowmeter [J]. Instrument Technique and Sensor, 2004(2): 31-34
- [9] 李国洪,盛立,刘丽娜.基于 MSP430F447 的超声波流量计的设计及实现[J].声学技术,2010,29(3):288-291
LI Guohong, SHENG Li, LIU Lina. Design and implementation of ultrasonic flowmeter based on MSP430F447 [J]. Technical Acoustics, 2010, 29(3): 288-291
- [10] 杜文广,翟金龙.基于 DSP 的超声波流量计的研究[J].电子设计工程,2011,19(10):99-102
DU Wenguang, ZHAI Jinlong. Study of ultrasonic flowmeter based on DSP [J]. Electronic Design Engineering, 2011, 19(10): 99-102

Application of DSP2812 in design of ultrasonic flowmeter

WANG Yong¹ SUN Feng²

1 Division of Scientific Research Equipments, Shenzhen Institute of Information Technology, Shenzhen 518029

2 School of Information & Control, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

Abstract The high-performanced TI F2812 DSP processor is applied to design an ultrasonic flowmeter with simple structure. The flowmeter consists of a novel equilateral triangle shape with one ultrasonic transmitter and two receiving detectors, which can measure the transmission time at two directions simultaneously, thus avoid the error brought by asynchronous measurement. With an embedded keyboard and a 12864 displayer, the whole flowmeter is small in size and easy to handle. The hardware design is given in detail in the paper. Experimental results show that the presented flowmeter is feasible in fluid detection.

Key words ultrasonic; digital signal processor; flowmeter; instrument