telligent Information Technology Application. 2009, v2, p209-212.

[9] Chen, Hai-Peng; Shen, Xuan-Jing; Wei,Wei.Digital dign-ature algorithm based on hash: Round function and self-certified public key system: Proceedings of the 1st International Workshop on Education Technology and Computer Science, ETCS 2009, v 2, p 618-624.

[10] Tang, Caimu and Wu, Dapeng,Efficient multi-party digital signature using adaptive secret sharing for low-power devices in wireless networks. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2009, v 8, n2, p882-889.

[11] Damgard, Ivan; Mikkelsen, Gert Laessoe. On the theory and practice of personal digital signatures.Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2009, p277-296.

Design of Portable Ultrasonic Detector Based on DSP&CPLD

Zhiguo Fu, Yufeng Yang, Guorui Pi, Yanping Zhang
College of Mechanical and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China
Email: yyf100127@yahoo.com.cn

Abstract: In order to diagnose equipment operating characteristics more easily and accurately, design of a portable ultrasonic detecting system based on DSP & CPLD in light of the principle of wavelet analysis and FFT. Hardware circuit is composed by the ultrasonic wave transmission and reception circuit, signal conditioning circuits, data acquisition and processing modules and peripheral interface circuit. Software is composed by the main program module, data acquisition processing procedures and LCD display program. The system can be used to conduct real-time signal acquisition, conditioning, display and store the static characteristics of the data signal, signal waveform and spectrum.

Keywords: DSP; CPLD; FFT; wavelet analysis; ultrasonic

基于 DSP&CPLD 的便携式超声检测仪的设计

付治国，杨玉逢，皮国瑞，张艳平
辽宁工程技术大学 机械工程学院，辽宁 阜新 123000
Email: yyf100127@yahoo.com.cn

摘　要: 本文为了更准确方便地诊断设备运行特性，结合 FFT 和小波分析原理设计了一种基于 DSP&CPLD 的便携式超声检测仪。系统的硬件电路由超声波发射与接收电路、信号调理电路、数据采集处理模块和外围接口电路等组成，其软件部分由主程序模块、数据采集处理程序和 LCD 显示程序等组成，能够方便地实时采集和调理超声波信号，显示并存储静态特性、信号波形和频谱等数据。

关键词: DSP;CPLD;FFT;小波分析；超声波

1 引言

超声检测在机器运行状态检测和故障诊断中具有重要的作用。而小波分析具有良好的时频局部性、多尺度性，对突变信号有较强的识别能力。所以，在现有的超声检测系统基础上，从系统模拟仿真和软硬件设计两方面，改进超声探头的激励和接收电路；改进超声回波信号的采集电路，结合 FFT 和小波分析法设计了一种基于 DSP&CPLD 的便携式超声检测系统，来提高超声检测的可靠性。

2 系统硬件电路设计

便携式超声检测系统的硬件结构如图 1 所示。TMS320F2812 定点 DSP 芯片[1]内部具有一个 16 通道的 12 位带流水线的模数转换器(ADC)，搭建数据采集系统时，不必外接 ADC，避免了复杂的硬件设计。被检测输入信号经以运算放大器 LM358 为核心的调理电路后，送至 TMS320F2812 DSP 内部自带的 12 位 A/D 转换器采样，其数字输出信号送至 DSP 内核处理单元进行 FFT 和小波分析[2]处理。经过 DSP 和 CPLD 运算处理后，实现各分量频率值和功率值的计算，信号失真度的计算和周期信号的检测，其分析结果由 LCD 显示器显示。键盘查询方式中断处理，实现各种工作模式和显示界面的切换。

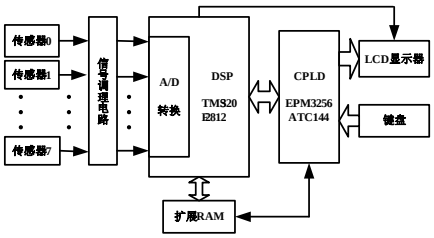

Figure 1. Hardware structure of system
图 1 系统硬件结构图

978-1-935068-42-6 © 2010 SciRes.

2.1 超声波发射与接收电路

前端驱动电路如图 2 所示。该发射电路不需要提供高的直流电源，就可以产生高达几百伏的超声探头出发脉冲。该超声发射装置以场效应管 Q1 作为开关元件，采用脉冲波激励方式，靠电感储能形成触发脉冲，不需要高电压供电，其储能仅与换路是的电感电流平方成正比。P1 为超声探头的输出端，该电路的激励脉冲在正脉冲期间，Q1 导通，Q1 相当于一个小电阻，电感 L1 与此电阻串联，和电压源仪器构成回路，电感电流上升进行储能。负脉冲期间，Q1 的栅极置低，Q1 快速关断，L1，C2，VR2 组成谐振电路快速放电，形成触发脉冲，可以达到几百伏电路。D1，D2，D3 起单向开关的作用。

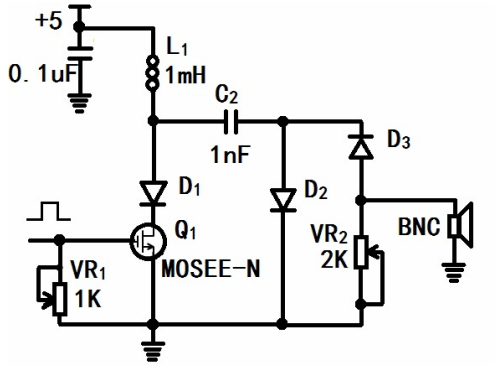

Figure 2. ultrasonic wave transmission circuit
图 2 超声波发射电路

超声波接收电路的作用就是将接收换能器输出的微弱信号，进行滤波、放大、整形，来得到足够大的电信号，然后送给数据处理部分，得到所要测量的参数。如图 3 所示，经过接收换能器转换过的电信号，由 AD604 的前置放大器进行放大；AD7226 D/A 转换器与其它微处理器接口，读入所需的放大倍数的数字量，并转换为模拟量。把这个模拟量作为 AD604 的增益控制信号端输入，即与其 VGN 端相连，从而实现增益的可控变化。经过 AD604 衰减补偿的信号，再经过滤波器及 AD9631（低畸变、低噪声、高速运算放大器），即成为 AD 转换电路的有效输入。

2.2 前端信号调理电路

在设计调理电路时,由于要将被采样信号的电压幅度调理到 A/D 转换器所能接收的范围内并滤除高频噪声信号，因此采用级联方式。其中第一级选择高精度集成运算放大器 LM358 组成电压跟随器，具有隔离作用；而第二级放大电路实现信号的比例放大和低通滤波，如图 4 所示。运算放大器 LM358 构成反向比例放大电路,ADCIN0'是经第一级电压跟随器隔离后的电压信号,R3、R4 构成反向比例电路，将输入信号按比例缩小 4.7 倍，C3、R4 构成 RC 低通滤波网络,其电路截止频率

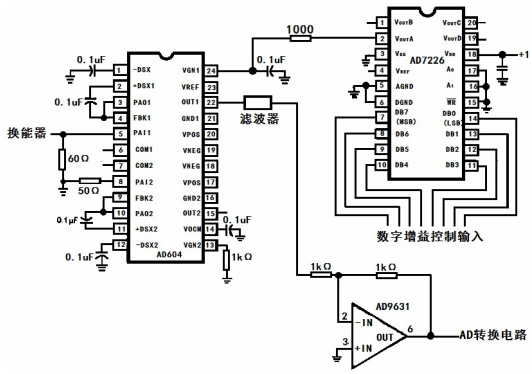

Figure 3. ultrasonic wave reception circuit
图 3 超声回波接收电路

$$f = 1/2\pi R_3 C_3 = 1/2\pi \times 1k\Omega \times 0.01\mu F = 15923Hz$$

符合设计要求（其信号频率范围 0~10000 Hz）。引脚 8 接一只 0.1μF 的瓷片电容,用于滤除高频。为了减少失调电流,引脚 5 接 R5；输出信号 ADCIN0 送至 DSP 进行数字信号处理。

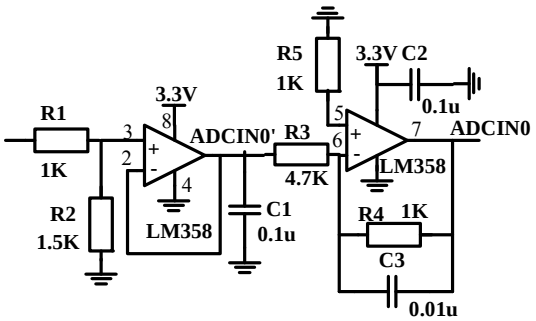

Figure 4. Front-end signal conditioning circuit
图 4 前端信号调理电路

2.3 数据采集和处理模块

系统采用 TI 公司的 32 位定点数字信号处理器 TMS320F2812 和 Altera 公司的 CPLD 控制芯片 EPM3256ATC144-10N。

TMS320F2812 内部的 ADC 模块具有两个采样保持电路，最小转换时 80ns, 保持数据采集时窗口有独立的预定标控制。有多个触发源可以启动 ADC 转换。此 ADC 可以直接对 0-3V 电压范围采样，也可以经过

信号调理后对峰峰值不超过 3V 的双极性模拟信号进行采样。可配置成 2 个独立的 8 通道模块，便于服务事件管理器 A 和事件管理器 B。A/D 转换器具有 2 个排序器， 1 个转换器。2 个 8 通道模块自动排序转换，通过多路开关选择任意一个 8 通道模块。每个排序器一旦转换完成，就将所选择通道的值存储在各自的 ADCRESULT 寄存器中。自动排序允许对同一通道多次转换，允许用户使用过采样算法，相对传统单次采样转换，增加了更多的解决方案，这将提高结果的精度。

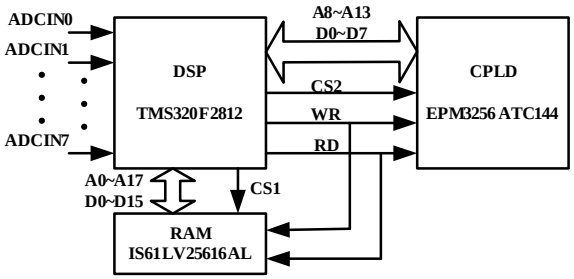

Figure 5. Data acquisition and processing module

图 5 数据采集和处理模块

CPLD 可用来实现逻辑控制器的功能要求，主要由采集时序控制，总线管理和地址发生器模块构成。由时序控制模块发出同步采样信号控制八 A/D 同时采样，当 A/D 完成采样后，时序控制模块控制 8 个 A/D 先后依次将转换完成的数字信号传给 RAM。数据采集和处理模块硬件连接如图 5 所示。

2.4 外围接口电路

系统中的 12864 LCD 显示器、实时时钟及键盘扫描等外围功能都是依靠 CPLD 来完成的。CPLD 的 6 个通用输入输出定义成键盘扫描线，负责对不同功能的 8 个按键进行扫描；8 个通用输入输出定义成 LCD 接口控制线，负责将要显示的数据写到 LCD 控制器里；7 个通用输出定义成实时时钟芯片的控制线，负责设置和读回时间日期。

3 系统软件设计

系统软件包括主程序,捕获中断服务子程序,T1 的周期中断服务子程序、A/D 转换中断服务程序，数据处理子程序和 LCD 显示子程序。主程序主要完成系统初始化,包括 CPU、PIE 寄存器、PIE 中断向量表、LCD 液晶屏，A/D 转换器初始化等以及查询工作模式设定。根据不同的工作模式进入相应的服务子程序,其主程序流程如图 6 所示。

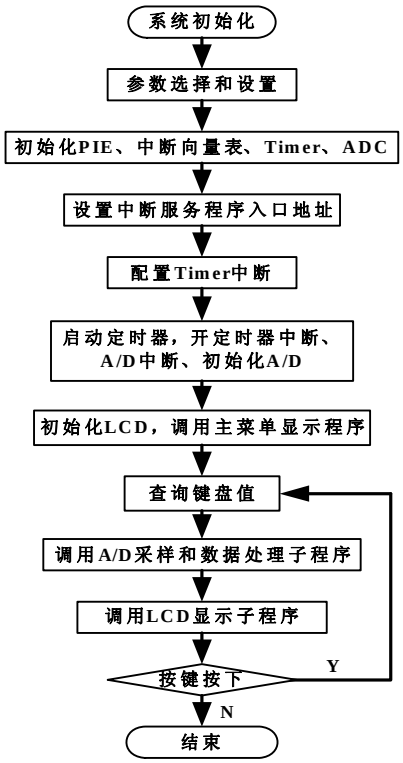

Figure 6. The main program flow chart

图 6 主程序流程图

数据采集模块是系统精确度的标志之一，本系统通过 256 次采样，其数据采集部分程序如下：

```
 EnableAPLL();
SDRAM_init();
InitADC();
 PLL_Init(132);
while ( 1 )
  {for ( i=0;i<256;i++ )
  {ADCCTL=0x8000;// 启动 AD 转换，通道 0
          do
          {uWork=ADCDATA;
              } while ( uWork&0x8000 );
          nADC0[i]=uWork&0x0fff; }
      for ( i=0;i<256;i++ )
  {ADCCTL=0x9000;// 启动 AD 转换，通道 1
          do
          {uWork=ADCDATA;
          } while ( uWork&0x8000 );
          nADC1[i]=uWork&0x0fff; }
      asm( " nop");          }}
```

针对超声检测信号的特点，利用小波变换提高超声信号信噪比的方法，从而提高超声检测的可靠性。

TMS320F2812 片内有一个功能强大的“看门狗”电路模块。作为常用的抗干扰方法，系统利用看门狗

978-1-935068-42-6 © 2010 SciRes.

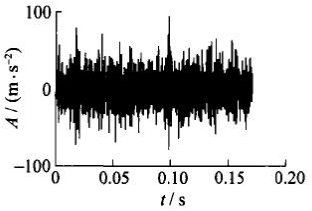

Figure 7. Data waveforms

图 7 数据波形图

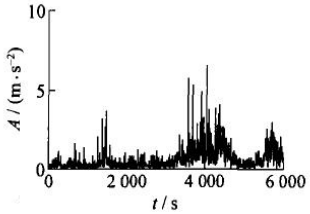

Figure 8. Data Spectrum

图 8 数据频谱图

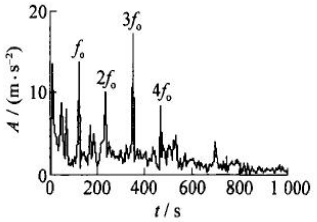

Figure 9. Spectrum through FFT and the wavelet analysis

图 9 经过 FFT 和小波分析的频

程序实时监视 DSP 的软件和硬件操作。当 DSP 发生混乱不能及时清除 WD 定时器，WD 将会产生溢出中断而复位系统，提高 CPU 的可靠性。

4 结束语

如图 7 是电机轴承超声检测时域数据波形，能显示出一定的损伤成分。如图 8 是对应的频谱图，如图 9 是对应的经过 FFT 和小波分析的波形图，可见，相对于原始信号，波形有了明显的周期成分和倍频，说明了轴承损伤的位置和程度。

系统采用了 FFT 算法和小波分析法相结合，以 DSP&CPLD 为控制核心，实现超声检测系统信号采集和处理，可以更好地进行故障诊断和预测。

References (参考文献)

[1] TEXAS INSTRUMENTS.TMS320F2812 Digital Signal Processors Data Manual.Literature Number：SPRS174N April 2001-Revised May 2006.

[2] DUAN Chen-dong，HEZheng-jia. Application of second generation wavelettransform tof ault diagnosis of rotating machinery[J]. Mini-Micro systems of Computers，2004，25(7):1341-1343.
段晨东，何正嘉.第二代小波降噪及其在故障诊断中的应用[J].小型微型计算机系统，2004，25(7):1341-1343.