

便携式智能拉力仪设计

曹成茂 朱代忠 朱张青
(安徽农业大学)

摘要: 便携式智能拉力仪是为测量农业机械牵引力而设计的。该设计选用了新型器件, 可靠性高, 采用了较先进的软件技术实现自动校正零点误差和数字滤波, 精度高; 电路使用共基准电压, 消除了因电压变化而引起的误差; 由于广泛选用 CMOS 芯片, 功耗低, 热稳定性好。设计的产品经用户一年的使用, 各项指标达到或超过了行业标准。
关键词: 拉力仪; 智能; 单片机; 软件技术

便携式智能拉力仪是应用电阻应变力拉压传感器^[1]测量农业机械牵引力、农机具行走性能的数字拉力仪。本产品功能齐全, 能显示被测力的瞬时值、平均值、最大值。测力范围为 100~ 20 000 N, 操作面板控制按钮少, 操作简单、方便。

1 硬件和软件设计

1.1 工作原理

系统硬件主要由力传感器、仪用放大器、A/D 转换器、单片机、数字显示模块等组成。系统结构框图如图 1。力传感器输出与力成正比的模拟电压信号, 通过屏蔽电缆送入仪用放大器放大, 经 A/D 转换后, 通过单片机智能处理, 驱动显示模块显示出被测力的瞬时值、平均值、最大值。电路原理如图 2。

1.2 主要器件简介

放大器: TLC27L9N 内含 4 只集成运算放大器, 为低失调、低漂移、精密放大器。用其中 3 只构成仪用放大器, 如图 2 所示。A₁、A₂ 构成电压跟随器, 输入电阻高, A₃ 为差动输入放大器。该放大器具有抗干扰能力强, 共模抑制比大, 能有效地减少输出温漂等特点。

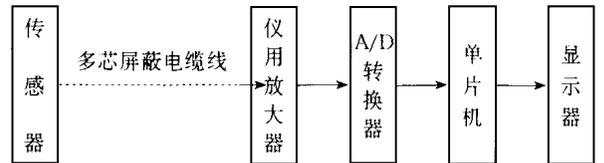


图1 系统结构框图

Fig. 1 Diagram of working principle

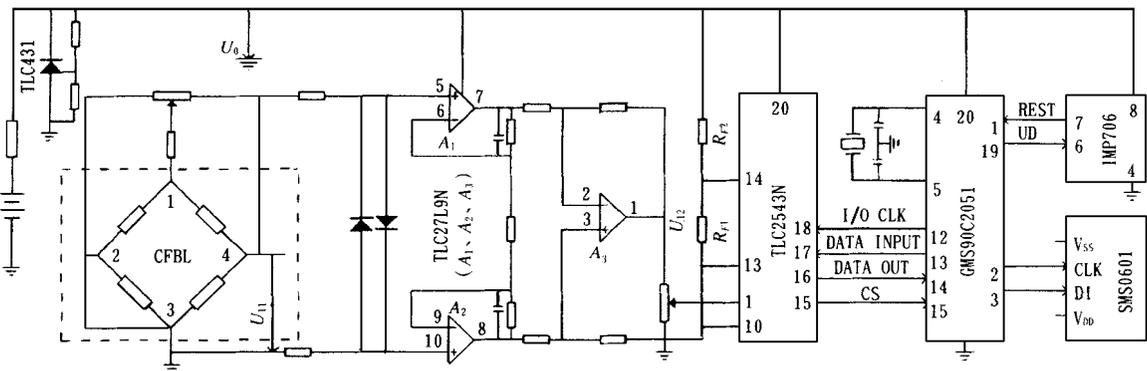


图 2 系统电路原理图

Fig. 2 Principle diagram of system circuit

A/D 转换器: TLC2543N^[2]是 TI 公司的 12 位串行模数转换器, 使用开关电容逐次逼近技术完成 A/D 转换过程。有 11 路模拟输入通道, 3 路内置自测方式, 采样率为 66 kbps, 3 V 时, 工作电流仅 1

收稿日期: 1999-09-29 修订日期: 2000-03-20

曹成茂, 讲师, 合肥市长江路 139 号 安徽农业大学农业工程系
系电工电子教研室, 230036

mA, 挂起来时电流仅 10 LA, 且价格低、精度高。由于是串行输入结构, 能够有效地节省单片机 I₀ 资源, 分辨率高, 线性误差 ± 1 L SB_{max}。因此该 A/D 转换器, 可避免使用 V₀F 转换电路结构复杂、精度低的缺点。

单片机: GM S90C2051^[3] 是一种带 2 k 字节闪速可编程可擦除只读存储器 (EPROM) 的低电压、高性能 CMOS 8 位微控制器。

显示器: SM S0601 为自带微处理器的数显模块, 显示方式为反射正显式, 接口方式为二线式串行接口, 4 个接线端分别为串行数据输入 (DI)、串行移位脉冲输入 (CLK)、电源正极 (V_{DD})、电源地 (V_{SS})。抗干扰能力强, 工作可靠, 寿命长。

复位电路: 使用 MP706^[4] 构成监控电路。当干扰严重时, 程序跑飞, 1.6 s 内无变化, MP706 产生复位信号, 使单片机再次恢复正常工作, 以免死机。

1.3 软件设计

1.3.1 主程序流程图

1.3.2 测量子程序

测量子程序使用脉冲平均值数字滤波的方法除干扰值, 连续采样 8 次, 去掉最大值、最小值, 然后求剩下的 6 个数据的平均值。

2 本设计的特点

2.1 利用软件技术, 自动校正零点误差

零点误差是客观存在而不可避免的, 如用电路解决, 势必造成电路复杂, 效果差。有效地解决零位误差一直是困扰传感器应用设计者的难题。本设计采用软件技术, 每次测量前记录初始值 (不显示), 在每次显示测量值之前减去初始值 (详见程序图), 以此来校正零点误差, 提高测量精度。

2.2 数字滤波

由于拖拉机、农业机械工作环境恶劣, 干扰比较

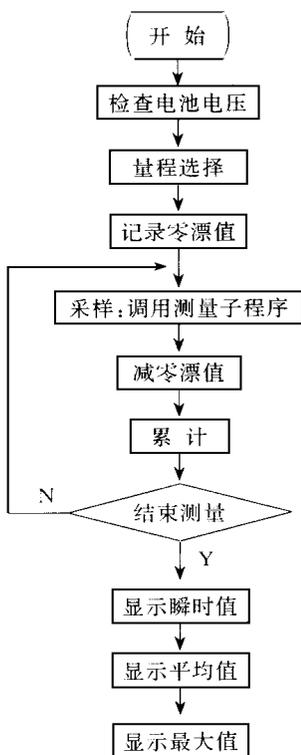


图3 主程序流程图
Fig. 3 Flowchart of the main programme

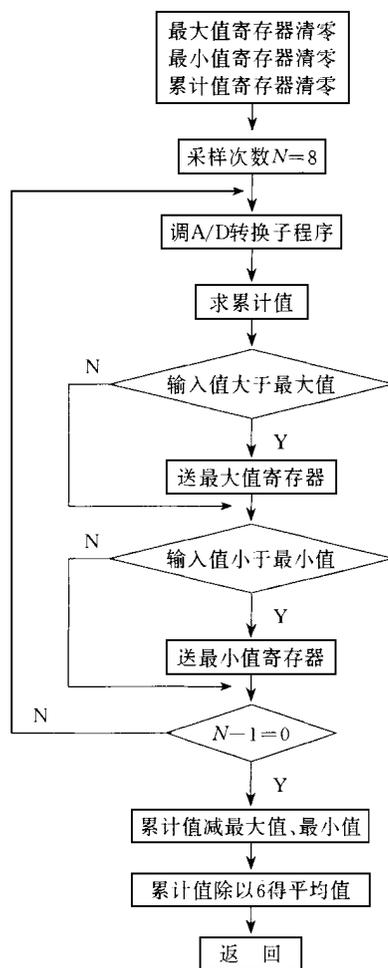


图4 子程序流程图

Fig. 4 Flowchart of the subroutine

大, 干扰源会通过各种途径对被测信号产生干扰, 为了提高系统抗干扰能力, 除了在输入端采用屏蔽电缆、仪器外壳金属屏蔽等抗干扰措施外, 本设计采用了数字滤波, 即连续采样 8 次, 找出其中的最大值和最小值, 将其去除, 然后求剩下 6 个数据的平均值。由于数字滤波通过软件技术实现, 故不需增加硬件设备, 成本低、可靠性高, 且不存在阻抗匹配问题。

2.3 共用基准电源

传感器输出电压^[5]:

$$U_{i1} = kEU_o \quad (1)$$

式中 k —— 传感器灵敏度系数; E —— 应变值; U_o —— 共桥电压。

放大器输出电压:

$$U_{i2} = A kEU_o \quad (2)$$

A —— 放大器电压放大倍数。

A/D 转换基准电压:

$$U_F = [R_{F1} \ddot{O}(R_{F1} + R_{F2})] I U_o \quad (3)$$

U_o ——A/D 转换器电源电压。

数字输入量^[6]

$$T = K_T U_o \quad (4)$$

其中, $K_T = 4096/U_o$ 。本设计中共用基准电压即 $U_o = U_o$ 。

$$\text{故 } T = 4096 \times \frac{1}{U_o} \times \{ [R_{F1} \times (R_{F1} + R_{F2})] U_o \} = K_x \times E \quad (5)$$

其中, $K_x = 4096 \times \frac{1}{U_o} \times K (R_{F1} + R_{F2}) \times R_{F1}$

由(5)式可知, 由于采用共基准电压, 所以消除了因电压变化而产生的误差。

2.4 低功耗

本设计广泛采用 CMOS 器件, 功耗低、热稳定性高。当使用 5V 电压时, 总工作电流达 20 mA; 当使用 3.3V 工作电压时, 工作电流为 9 mA, 比 5V 时减少一半。如 A/D 转换 TLC2543N 电流为 1 mA, 运放 TLC27L9N 工作电流为 0.6 mA, 单片机 GM S90C2051 工作电流为 1.5 mA。本系统工作电源为 4 节五号充电电池, 无需特殊电源供电。

3 调试、标定及测试数据

3.1 单片机程序

该机使用 MCS251 汇编语言编写, 使用单片机开发系统进行调试, 调试后程序固化在 GM S90C2051 2 k 字节 EPROM 中, 在液压拉力试验机上标定、试验。

3.2 测试数据

研制的样机经安徽省测试研究所测试, 数据如表 1。测试温度 22℃, 相对湿度 78%, 精度为 -0.14% ~ 0.08% 达到设计要求(农机行业标准 ±

1%)。

表 1 测试数据

Tab 1 Data of testing					
标准载荷/N	2000	4000	6000	8000	10000
仪器显值/N	2000	3986	6008	8008	10000

4 结 论

本设计采用软件技术实现自动校正零点误差和数字滤波, 利用程序对测量过程实行智能处理, 避免了采用增加硬件来解决零漂和干扰问题, 故成本低, 可靠性高。电路设计具有自动复位功能, 从而解决了因工作现场的干扰造成系统“死机”的难题。设计的产品经用户一年多的使用, 直线度、滞后、蠕变、重复性、零点漂移等各项指标均达到或超过了行业标准。

[参 考 文 献]

[1] 何 钢 检测与控制器件 北京: 北京轻工业出版社, 1996, 5: 15
 [2] 朱元清 TLC2534 11 通道 12 位串行 A/D 转换器的原理与应用 电子技术应用 1998(10): 66
 [3] 程化平 GM S97C2051 实现 A/D 转化的一种方法 力源电子 1999(2): 23
 [4] 徐子闻, 韩准田 TI 高性能运算放大器数据手册 武汉: P&S 武汉力源电子有限公司, 1998 3~ 90
 [5] 金篆芷, 王明时 现代传感器技术 北京: 电子工业出版社, 1995, 3: 52
 [6] 阎 石 数字电子技术基础 北京: 高等教育出版社, 1996, 4: 439~ 481

Design of Handy Intelligent Pulling Force Instrument

Cao Chengmao Zhu Daizhong Zhu Zhangqing

(Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: The handy intelligent pulling force instrument was designed for measuring pulling forces of agricultural machinery. By using modern element and advanced software technology, automatic error correction of zero point and data filtering, and high measuring accuracy were realized on the instrument. Because the circuit applied common voltage, the error resulted from the increasing and decreasing of the voltage was eliminated. Less power and little temperature effect were made due to wide use of CMOS IC. The instrument has passed the test and achieved or exceeded the standard of the same trade. Good results were achieved through consumer's application for one year.

Key words: pulling force instrument; intelligence; single chip computer; software technology