

基于 ARM920T 的嵌入式电力参数检测系统设计

0. 引言

OFweek电子工程网讯 随着社会经济和科学技术的飞速发展，电力机车、地铁和电动汽车等将得到广泛的应用。这些用电设备的电能变换与控制系统均采用双向变流设备来实现节能运行。因此，电力参数检测装置对能量的双向计量问题越来越受到人们的关注，并已成为电能检测与计量技术发展的重要方向之一。

传统的电力参数检测装置一般都是基于单片机或 DSP 设计的，前者受运算速度和处理数据能力的限制，越来越难以满足目前电力参数检测装置的需要；而后者的输出控制能力又较差。为此，本文介绍了一种以 ARM920T 为核心并嵌入 Linux 操作系统的电力参数检测装置。

1. 系统硬件设计

电力参数检测装置的硬件部分采用嵌入式 Linux 操作系统和 ARM 结合的开发平台，不仅具有较强的数字信号处理能力，而且系统可靠性和实时性也较高，图 1 所示是其硬件结构框图。

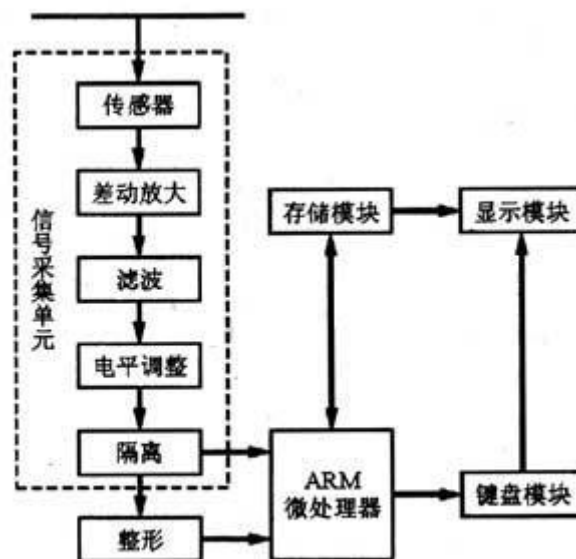


图1 系统硬件结构框图

1.1 核心微处理器

本系统采用深圳优龙公司的 ST2410 为核心开发板，该板是一款基于 ARM920T 内核的 16 / 32 位 RISC 嵌入式微处理器。该处理器的工作频率高达 203 MHz。

该系统充分利用 ST2410 丰富的外设接口 go 简化了外围接口电路的设计。通过 UART 或 USB 接口都可实现宿主机与目标机的通信，ST2410 集成有一个含有采样和保持功能的 10 位 ADC 模块，其最大转换速率为 500 ksp/s，而且采样通道数和通道的采样顺序可以通过编程来决定。该模块还具有 16 位模数转换结果寄存器，模数转换的启动和停止方式非常灵活，并可以通过软件设置来启动模数转换功能，也可以通过查询或中断方式来判断其自带的 8 通道 10 位 A / D 转换器是否可对外部的模拟信号进行采样。另外，ST2410 上还自带 117 个 GPIO 口，通过这些接口可以进行 LED 和按键的扩展。

此外，还嵌入了功能强大的 Linux 操作系统。由于 Linux 是自由软件，因此，用户可以自行编译内核，修改和扩充操作系统。最重要的是 Linux 是全面的多任务和真正的 32 位操作系统，其内核十分稳定、小巧灵活、易于剪裁，这些都为系统的高效稳定运行提供了基础。

1.2 信号采集单元的设计

信号采集单元的作用是采集交流电压与电流信号，它将采集的信号调理成 0~3.3 V 后送到处理器进行处理，以满足 A / D 输入要求。

(1) 传感器的选择

本设计选用的 LTS25-NP 多极电流传感器和 IN28-P 电压传感器具有反应时间快、共模抑制比强、低温漂与频带宽、抗外界干扰能力强、精度高、线性度好等优点。

(2) 前置放大

由于差动放大器的输入阻抗很高，对信号源索取的电流很小，可以提高共模抑制能力和测量精度。因此，前置放大器一般采用差动输入法对信号进行处理。

(3) 滤波

经检测，感性负载上的电压与电流波形都不是标准的正弦波(其基波是正

弦波), 因此, 为了得到平滑的正弦波, 需要滤掉高次谐波。而要设计滤波电路, 通常可采用二阶有源带通滤波电路来取得较好的滤波效果, 其波形如图 2 所示。

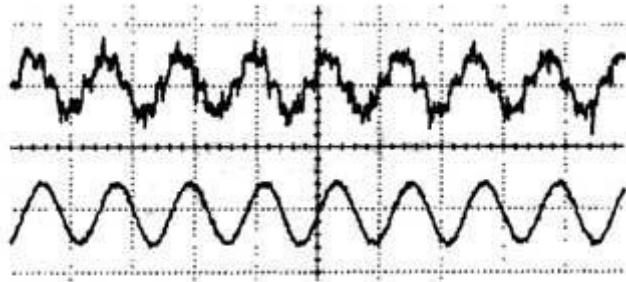


图2 滤波前后的波形

(4) 电平转换

电流传感器 LTS25-NP 的输出带有 2.5 V 直流分量, 而 S3C2410 芯片上 A / D 的输入范围为 0~3.3V, 因此, 要设计电平转换电路, 以使其消除电流传感器输出带的 2.5 V 直流分量, 并进行电平转换, 使其满足 A / D 端口的电压输入范围。

(5) 隔离

为了保护芯片不受外界干扰而损坏, 设计时在信号输入通道上应采取隔离措施。由于数据采集所得到的是模拟信号, 不能用普通的光电耦合器来进行隔离, 所以, 本系统选用 IS0124 线性光耦, 该光耦具有 1: 1 的传输比, 线性度达 0.1%, 足以满足系统要求。

2. 系统软件设计

系统软件设计主要是驱动程序的编写和用户应用程序的编写两部分。

操作系统一般提供设备驱动程序来完成对特定硬件的控制, 从而建立应用程序和设备之间的抽象接口, 而不是应用程序直接操作硬件。设备驱动程序实际是处理和操作硬件控制器的软件, 从本质上讲, 是内核中具有最高特权级的、驻留内存的、可共享的底层硬件处理例程。

用户应用程序主要是针对系统要求来编写的, 用以完成特定的功能。其主程序流程图如图 3 所示。

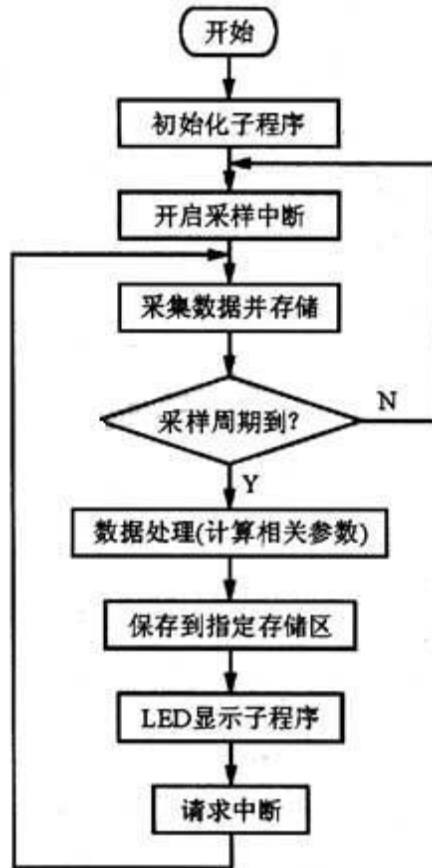


图3 主程序流程图

应用程序主要实现的功能，一是数据采集，即定时采样电压与电流信号的瞬时值；二是数据的处理和计算，就是计算电压和电流的有效值、有功功率、无功功率，电能等；三是键盘和 LED 人机接口功能，主要用来完成参数的设定和数据的显示。

3. 电力参数的采样与计算

为了计算电压和电流的有效值，有功功率、无功功率等电力参数，需要对电压和电流的瞬时值进行采样。目前主要有硬件同步采样、软件同步采样和异步采样三种采样方式。这三种采样方法各有所长。其中，软件同步采样由定时器中断实现，不需要专门的锁相环和同步电路，与硬件同步采样相比，该方法的结构相对简单。因此，本系统采用软件同步采样方法。其原理首先是以电网周期 T 为基础，来设置定时器中断时间常数 ΔT ，使每周期等间隔采样点 $N=256$ 作为实际的采样数据。

3.1 电压电流有效值的计算

周期为 T 的电压 u 、电流 i 的有效值定义为瞬时值的平方在一个周期内的方均根值，即：

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} \quad (1)$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad (2)$$

将交流电压 u 在一个周期 T 内分为间隔为 ΔT 的 N 个子区间，则有 $\Delta T = T / N$ ，这样，当 ΔT 足够小时，在每个子区间上的电压值变化很小（可视为常数近似用其离散值代表）。因此，电压与电流的有效值可近似表示为：

$$U \approx \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{k=1}^N u_k^2 \Delta T} \approx \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{k=1}^N u_k^2} \quad (3)$$

$$I \approx \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{k=1}^N i_k^2 \Delta T} \approx \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{k=1}^N i_k^2} \quad (4)$$

其中， u_k 为第 k 个电压采样的瞬时值， i_k 为第 k 个电流采样的瞬时值。

3.2 相位角的测量

电压 u 与电流 i 的相位角检测原理如图 4 所示。将 u 、 i 经整形电路变为相应的矩形脉冲 u' 和 i' ，然后将 u' 和 i' 送入“与”门，即可得到图 4-c 所示的矩形脉冲 u_i ，其脉宽 T_2 反比于被测信号 u 和 i 之间的相位角。 T_1 可视为常数(10ms)，这样，将 u_i 送入微机，便可测出相应的脉宽 T_2 ，此时的相位角可由下式求出：

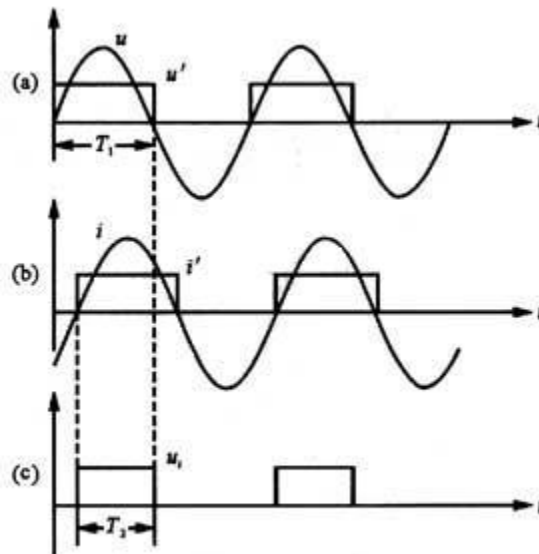


图4 相位角测量原理

$$\begin{aligned}\varphi &= 180 \times (0.01 - T_2) / 0.01 \\ &= 18000 \times (0.01 - T_2)\end{aligned}\quad (5)$$

式(5)不仅能计算出相位角的大小,而且能反映能量的流向,其判定方法是当 $|\varphi| < 90^\circ$ 时,能量流入;而 $90^\circ < |\varphi| < 180^\circ$ 当时,能量流出。

4. 电能的双向计量方法

电能的双向流动指的是用电设备电能的流入与流出。根据式(5)可判断能量的流动方向,从而分别计量流入与流出能量的多少。

4.1 功率的计算

由式(3)、(4)、(5)可以得出一个周期内的视在功率 S_j 、有功功率 P_j 和无功功率 Q_j ,其具体公式分别如下:

$$S_j = U I \quad (6)$$

$$P_j = S_j \cos \varphi \quad (7)$$

$$Q_j = S_j \sin \varphi \quad (8)$$

4.2 电能的计量

一个用电设备在 M 个周期内所需的电能 E 可表示为:

$$E = \frac{0.02 \times M}{3600} \sum_{j=1}^M P_j \quad (\text{kW} \cdot \text{h}) \quad (9)$$

式中, P_j 表示第 j 个周期的有功功率; M 表示以周期量表示的设备运行时间。这样,由式(9)可知:

当 $P_j > 0$ 时,用电设备吸收能量,其值可用 E_1 表示,同时在 $P_j < 0$ 时,用电设备输出能量,其值可用 E_2 表示。

这样,分别计量吸收与释放的能量 E_1 和 E_2 ,就能实现电能的双向计量。

5. 结束语

本文设计的电力参数检测装置充分利用了32位ARM处理器的运算速度快、处理数据能力强及片上资源丰富等优点,而配以多任务操作系统Linux,则较大程度地解决了测量精度与实时性之间的矛盾。同时,系统的双向计量功能,使得此系统在双向变流装置中对电力参数的检测和能量的双向计量具有重要意义。