

基于 MSP430F449 的配电变压器计量监测终端

Metering Supervise/Measure Terminal Based on MSP430F449 Used for Distribution Transformer

广东电网公司广州供电局 陈伟江

Guangdong Power Grid Co. Guangzhou Power Supply Bureau Chen Weijiang

摘要: 本文介绍了一种基于 MSP430F449 单片机开发的用于配电变压器计量和监测的终端产品, 阐述了该产品具有的配变总回路及分支回路计量、监测及通讯功能, 探讨了 MSP430F449 作为主 CPU 的优点, 并对终端开发的硬件设计和软件设计进行了详细的分析。

Abstract: This paper is for introducing a metering supervise/measure terminal product used for power distribution transformer. Which is developed based on MSP430F449 chip microcomputer and with metering, supervise/measuring and communication function not only in general circuit but also branch circuit of the transformer. The advantages of that MSP430F449 is as main CPU has been discussed. The hardware design and software design in developing this terminal have been also analyzed in detail.

关键词: 计量 监测 MSP430F449 配电变压器

Key words: Metering Supervise/measure MSP430F449 Power distribution transformer

1. 引言

随着电力体制改革的深入, 电力企业正向公司化、市场化方向发展, 电力网的线损作为反映电力企业经营状况的一项重要指标, 正日益受到重视。随着线损管理“四分”工作的加强, 便于进行“分线、分台区”管理考核, 对配电变压器低压侧安装总计量设备势在必行; 另外, 随着配网自动化的发展, 供电部门对配电变压器的各种运行数据的监视测量都非常重视, 因此, 具有计量、配电监测、通讯于一体的配电变压器计量监测终端作为配网自动化终端的一部分, 发挥着越来越重要的作用。

本文介绍的配电变压器计量监测终端是根据电力用户实际用电状况所设计的具有现代先进水平的计量监测终端。是集监测、计量、电能质量、通信等功能于一体的新型配电终端, 可监测单组三相电压, 一至八回三相电流回路, 适用于公用变压器、专用变压器及一些配电线路的运行监测。可以及时地了解各类配电站点的运行状态, 为现场一次设备的安全运行提供技术保障。同时还可作为线损分析、负荷分析预测、电压合格率统计、各种管理功能提供基本数据。

2. 配电变压器计量监测终端功能

配电变压器计量监测终端具有多回路高精度

计量、电压统计、负荷状况统计、谐波监测与事件记录、环境量监测、变压器油温监测等功能。

终端自带环境温度监测功能, 并具备对其他环境(如湿度、噪音等)的监测接口; 具有不少于 4 路的 I/O 接口(多回路装置 I/O 接口多达 24 路), 接口可完全满足综合配电房对 10 个开关柜的开关状态和电缆故障监测的接口需要, 便于“四分”线损的准确计量以及电缆故障信息实时回传的实现, 充分发挥了该终端作为配网自动化终端的作用。

终端具有有功电能、无功电能脉冲输出接口, 便于作为计量设备进行电能量精度校验。可实现 GPRS、电话网(PSTN)、CDMA、诺特网等方式的通讯。

终端基于 MSP430F449 进行开发, 电压、电流的采样精度达到 0.5%, 有功功率、无功功率精度达到 1%, 有功电能、无功电能计量精度达到 1 级电能表的技术指标。满足作为配网自动化的监测终端及线损统计的数据来源的要求。

3. 硬件设计方案

3.1 选用 MSP430F449 单片机的原因

在进行终端硬件设计时, 选择何种芯片作本系统的 MCU 是关键的一步, 它决定硬件设计和相关的软件设计。根据该终端的实际情况, 选用了 TI 公司的一种超低功耗的混合控制器 MSP430

系列单片机，它具有以下特点：

3.1.1 低电压、超低功耗

供电电压范围：1.8V-3.6V，在1MHz时钟条件下工作时，工作电流视不同模式为0.1uA-400uA，单片机可以方便地在各种工作模式之间切换。

3.1.2 强大的处理能力

MSP430系列单片机采用先进的16位RISC结构，丰富的寻址方式，简洁的内核指令以及大量的模拟指令，较高的处理速度等，这些特点保证了可编制出高效率的源程序。

3.1.3 丰富的片上外围模块

MSP430系列单片机将大量的CPU外围模块集成在片内，为系统的单片解决方案提供了方便。

3.1.4 高效方便的开发方式

MSP430F系列支持在线仿真和编程，所配编译器功能强大，支持汇编语言和C语言，使用非常简单和高效。具有FLASH存储器，可以利用单片机的JTAG接口实现程序的下载，完成程序的在线的调试，实时修改片内寄存器和内存的内容，大大提高程序的调试效率。

这些优越的性能，对利用MSP430F系列单片机进行相应的设计和研发提供了极大的便利，使开发出的产品具有极大的优势。

MSP430系列单片机具有一些非常明显的特点，这正符合系统单片化的要求，有利于产品的开发和研制。

MSP430F449是MSP430系列单片机中性能较高的一种，除了具有MSP430系列的基本特征以外，还具有多达60Kb FLASH ROM和2Kb RAM。这为开发高效的源程序提供了方便。MSP430F449具有100管脚，片内复合了丰富的外围模块，如看门狗，定时器，2个串口通讯接口，液晶驱动模块，8路12位A/D转换模块等。需要注意的是MSP430F449的管脚大多为复用管脚。因此，在开发设计过程要注意合理使用，避免造成资源的浪费。

3.2 硬件总体方案

配电变压器计量监测终端的实现需要以下的硬件条件：

3.2.1 A/D转换

要对电网的电压、电流信号进行采样，并进行数学处理，就必须有A/D转换电路，从产品的

经济考虑，当然是单片机内带的A/D模块，并且至少有6路外部转换通道，A/D转换精度要高。

3.2.2 大容量的RAM和ROM

终端软件设计中程序代码、开辟的RAM空间比较庞大，这就要求所选择的单片机有较大的RAM和ROM空间，否则无法完成软件设计的要求。

3.2.3 高运算速度

对于该终端而言，需要进行大量的数据运算，同时进行电能量的计量，需要在较短的时间内完成多项任务，才具有实时性。因此高运算速度是必不可少的。

3.2.4 总线不外引

这有利于实现该终端系统的单片化，提高产品的可靠性。丰富的片内模块可以简化整个硬件设计，使得外围硬件电路尽可能的少。

终端的硬件设计采用MSP430F449作为CPU芯片，系统程序存储在其片内FLASH存储器内、监控数据存储在一片1024K Bit的E2PROM芯片中，采用软、硬件看门狗。交流采样使用片内12位A/D转换器，确保采样精度。

从硬件框图1中可以看到（硬件框图以只监测配变低压侧总回路为例来分析），终端主要是由以下的几个模块来实现的。

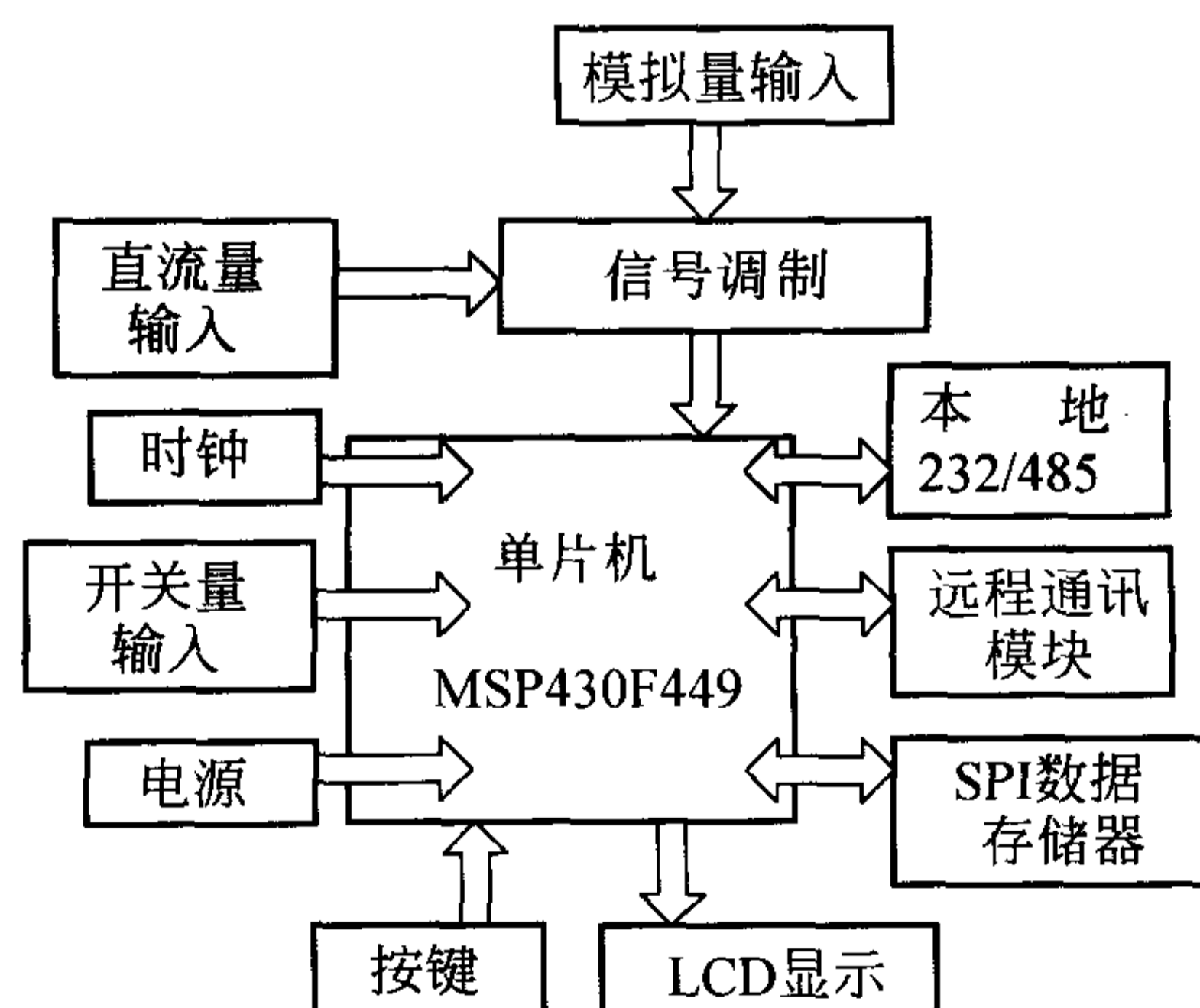


图1 硬件框图

1) 模拟量输入模块：采集电压、电流的模拟信号，然后将信号隔离、调理、滤波，最后输入到MSP430F449的A/D口，利用片内12Bit的A/D模块进行A/D转换。

2) 数据存储模块：经计算处理后得到的电参量，根据实际情况存储到相应的存储空间。

3) 通讯模块：采用电平转换芯片在主MCU

和 RS-232-C 建立通信接口, 通过各种通讯方式 (GPRS、CDMA、PSTN 等) 利用 101 通讯协议实现与上位机的通信, 传送数据。

4) 电源模块: 给各种芯片提供工作电源。

5) 时间模块: 利用时钟芯片来实现 MSP430F449 的系统时钟校时, 保证 MSP430F449 系统时钟准确、可靠。

6) 开关量输入模块: 包括开关状态、电缆故障报警信号等开关量信号的输入。

7) 直流量输入模块: 主要进行环境湿度、油温等的监测, 监测这些参数的时候需要接入相应的传感器。

硬件设计中, 为了保证终端的高可靠性, 还对输入、输出的各种电信号进行隔离及抗干扰措施。对模拟信号的电磁隔离和开关量的光电隔离放大, 以及数据通讯中的快速光电隔离, 这些措施大大提高了终端的抗干扰能力及可靠性。

4. 软件设计

4.1 电能量的计算

通过对三相电压、电流、进行采样得到电压电流的瞬时值, 通过积分算法, 求出相应的电压、电流有效值、视在功率、有功、无功、功率因素、有功电能、无功电能, 通过检测电压过零的方法计算频率, 谐波的计算采用快速傅立叶算法进行计算。其中一个周波的累积有功电能由公式 1 求得 (其中 T 为一个周波的周期, N 为每周期的采样点数), 无功电能由公式 2 求得。

$$W_P = \frac{T}{N} \times \frac{P_0 + P_1}{2} + \frac{T}{N} \times \frac{P_1 + P_2}{2} + \dots + \frac{T}{N} \times \frac{P_{n-1} + P_n}{2}$$

$$= \frac{T}{N} \times \frac{P_0 + P_n}{2} + P_1 + P_2 + \dots + P_{n-1}$$

$$W_Q = \frac{T}{N} \times \frac{Q_0 + Q_1}{2} + \frac{T}{N} \times \frac{Q_1 + Q_2}{2} + \dots + \frac{T}{N} \times \frac{Q_{n-1} + Q_n}{2}$$

$$= \frac{T}{N} \times \frac{Q_0 + Q_n}{2} + (Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{n-1})$$

4.2 模块之间的总调度

终端软件系统的设计采用了模块化设计方法。这样使得软件结构简单清晰, 便于修改、调试和扩充。本软件将系统功能分成若干个功能模块。系统上电时, 主函数对系统进行复位和初始化,

然后不断进行任务轮巡, 当查询到某一任务条件满足时, 则任务标志位就绪, 由调度程序负责调用相关模块, 完成该任务。每次均执行当前最高优先级任务。某些任务被划分若干步骤, 当执行完某一步骤后, 即把任务挂起, 返回主程序, 等满足执行条件, 重新激活并执行任务。

如图 2 所示, 本软件按功能划分为计算模块、初始化模块、通讯模块、存储模块、时钟模块、显示/键盘模块几个功能模块。

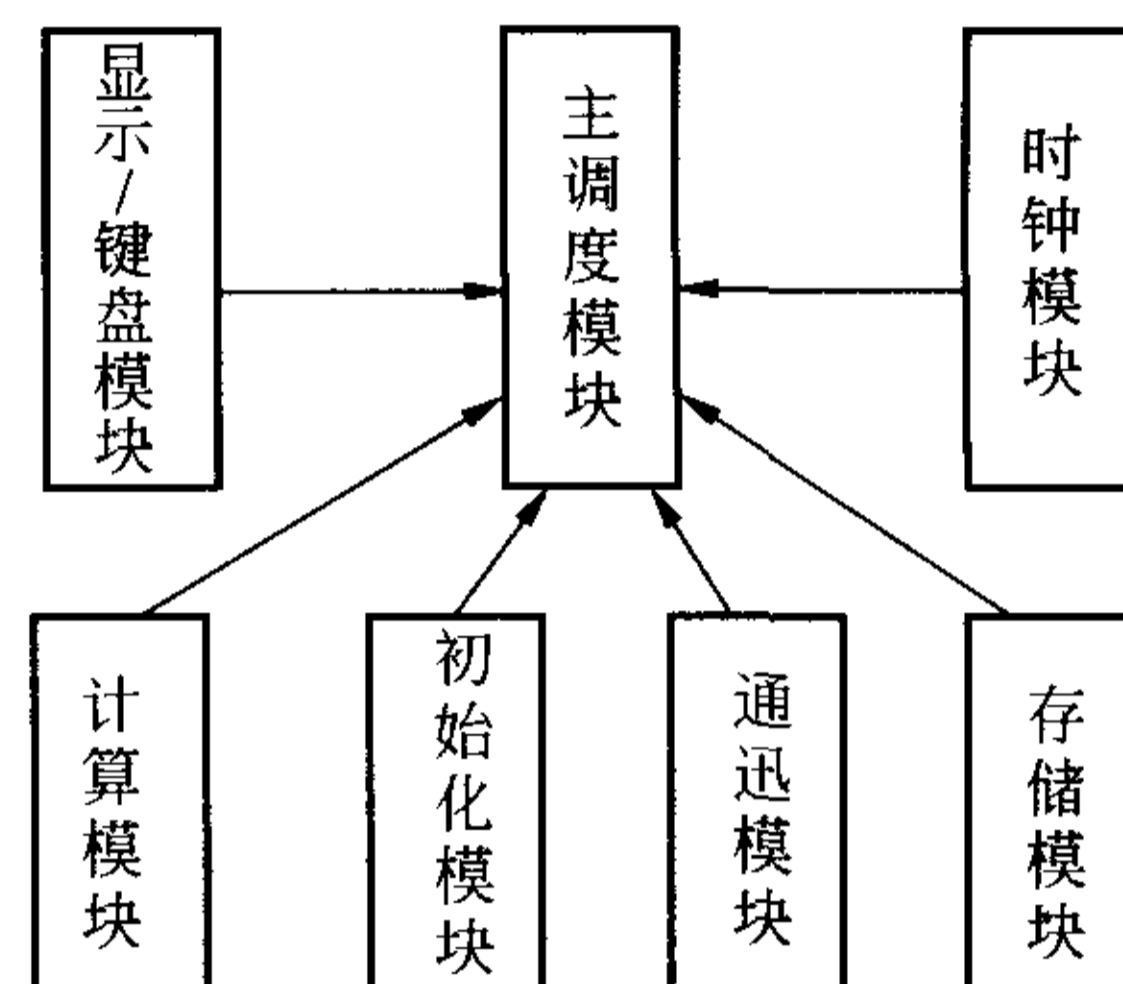


图 2 软件功能模块图

5. 结束语

基于 MSP430F449 的配电变压器计量监测终端包含了电能计量、配电监测、远程通讯等功能, 除了对配电变压器总回路的计量和监测外, 还可以计量和监测各个分支回路, 同时具有开关量、环境量的监测, 适应了目前用户对线损统计及配电监测的需求, 特别是近几年来, 随着我国经济的高速发展, 电力能源缺口越来越大, 因此, 如何利用好现有电力资源, 合理科学地分配电力资源, 可以说是当前行之有效的办法。该终端的应用可以解决当前电能分配及电能损耗统计中的棘手问题, 为合理的电能调配提供了科学的依据, 有利于缓解用电紧张的情况。

参考文献:

- [1] 魏小龙. MSP430 系列: 单片机接口技术及系统设计实例. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.11
- [2] 胡大可. 《MSP430 系列: 超低功耗 16 位单片机原理与应用》. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000.6
- [3] Lutz Biert, MSP430X1XX Family Mixed Signal Microcontroller Application Report, Version: 0.1.27 June 26, 2001
- [4] 刘蓬侠, 张德清. 一种基于 MSP430 * 325 的全电子式多功能电能表. 电脑与技术, 1998 年第 3 期 P35-P37
- [5] 张建国, 王晓春, 吴国良. 配电自动化技术的发展及系统构成. 河北电力技术, 1998 年第 6 期, P27-P30