



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203911585 U

(45) 授权公告日 2014. 10. 29

(21) 申请号 201420249210. X

(22) 申请日 2014. 05. 15

(73) 专利权人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

专利权人 国网天津市电力公司

(72) 发明人 殷军 郭浩 刘玄

(74) 专利代理机构 天津才智专利商标代理有限公司 12108

代理人 庞学欣

(51) Int. Cl.

H02J 13/00 (2006. 01)

G01R 22/10 (2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

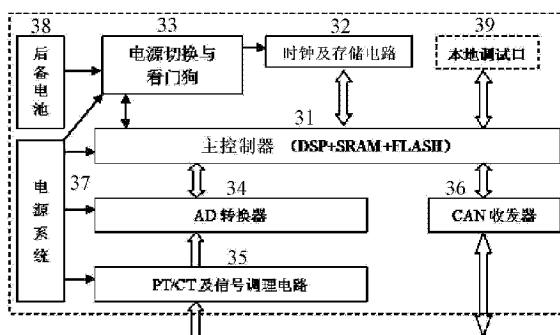
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种基于变电站智能计量系统的智能计量终端

(57) 摘要

一种基于变电站智能计量系统的智能计量终端。其包括主控制器、时钟及存储电路、电源切换与看门狗、AD 转换器、信号调理电路、CAN 收发器、电源系统、后备电池和本地调试接口。本实用新型提供的基于变电站智能计量系统的智能计量终端安装在多路出线线上, 基于 CAN 总线通讯网络实现多路智能计量终端的信息交互, 可靠性高且冗余度小, 采集的电能信息利用集中分析单元通过专用接口和远动通道实现远传并提供实时分析手段, 为变电站计量的信息化和智能化分析提供一种新的手段和系统工具。



1. 一种基于变电站智能计量系统的智能计量终端,其特征在于:所述的智能计量终端(3)包括:主控制器(31)、时钟及存储电路(32)、电源切换与看门狗(33)、AD转换器(34)、信号调理电路(35)、CAN收发器(36)、电源系统(37)、后备电池(38)和本地调试接口(39);其中:主控制器(31)分别与时钟及存储电路(32)、电源切换与看门狗(33)、AD转换器(34)、CAN收发器(36)和本地调试接口(39)相连接;电源切换与看门狗(33)与时钟及存储电路(32)相连接,后备电池(38)与时钟及存储电路(32)相连接,AD转换器(34)通过信号调理电路(35)与信号检测器件相连接,CAN收发器(36)与CAN总线通讯网络(2)相连接,电源系统(37)分别与主控制器(31)、电源切换与看门狗(33)、AD转换器(34)和信号调理电路(35)相连接。

2. 根据权利要求1所述的基于变电站智能计量系统的智能计量终端,其特征在于:所述的CAN总线通讯网络(2)为串行通信网络,其由通信双绞线和3芯电源线组成,其敷设在电缆桥架中,将智能计量终端(3)和集中分析单元(1)以总线方式连接。

## 一种基于变电站智能计量系统的智能计量终端

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于变电站计量技术领域,特别是涉及一种基于变电站智能计量系统的智能计量终端。

### 背景技术

[0002] 电能表是电能计量系统中最为关键的装置,从 1880 年世界上第一只利用电解原理制成的直流电能表到现在,电能表的发展已经走过了一百多年的历史,电能表发挥了巨大的作用。

[0003] 目前世界上生产电子式电能表的厂家主要有:瑞士兰蒂斯公司、法国斯伦贝谢公司、ABB 公司、GE 公司、SIEMENS 公司等。我国从上世纪 90 年代初开始研制电子式电能表,微胜集团、科陆电子、华立集团、恒通公司等相继推出了三相电子式电能表技术以及很多其它公司和企业相继研制开发出了多种类型、规格的单相和三相电子式电能表。经过引进、消化、吸收,我国的电子式电能表研制与生产开始进入符合我国国情的快速发展阶段。

[0004] 目前,随着我国电力市场改革的起步和深入,我国国网、省网各级关口表中的绝大部分已更新为电子式电能表,大部分为进口表计,但低压用户以及普通居民用户电子式电能表还没有普及,部分省份供电部门正在以很快的速度在低压及普通居民用户中推广电子式电能表的使用。

[0005] 目前数字式电能表已成为国内外电能计量装置研究与应用的主流,商业化的电能计量专用集成芯片层出不穷,如美国微芯科技公司 (Microchip Technology) 的 MCP3905/MCP3906,美国模拟器件公司 (Analog Device) 的 ADE7760/ADE7761,该产品还有 MXT7755、ATT7022B、FS6611、TM7755 等。上述电能计量专用集成芯片在电力系统中均有成功应用。但目前电能计量的测量点大多集中在电力用户的客户端,以电费计费为主要目的,或者对整个配电站总电能进行计量,而在配电站的各个出线端一般没有装设电能计量装置。基于有线或者无线 GSM/GPRS/CDMA 网络的远程抄表系统在电力系统中也有较多的成功应用,如杭州利尔达科技有限公司的无线抄表系统。这些数字式电能表以及网络化抄表系统具有计量准确、集成度高、工作效率高等优点。

[0006] 但是,现有的电能计量系统功能大都只具有电能计量的单一功能,不具备数据存储、电能质量分析、故障录波等功能。而且在配电站的各个出线端没有装设电能计量装置,无法监测、记录各路线出线端的电能情况,也无法监测各条线路线损及线路盗电行为。

### 发明内容

[0007] 为了解决上述问题,本实用新型的目的在于提供一种基于变电站智能计量系统的智能计量终端。

[0008] 为了达到上述目的,本实用新型提供的基于变电站智能计量系统的智能计量终端包括:主控制器、时钟及存储电路、电源切换与看门狗、AD 转换器、信号调理电路、CAN 收发器、电源系统、后备电池和本地调试接口;其中:主控制器分别与时钟及存储电路、电源切

换与看门狗、AD 转换器、CAN 收发器和本地调试接口相连接；电源切换与看门狗与时钟及存储电路相连接，后备电池与时钟及存储电路相连接，AD 转换器通过信号调理电路与信号检测器件相连接，CAN 收发器与 CAN 总线通讯网络相连接，电源系统分别与主控制器、电源切换与看门狗、AD 转换器和信号调理电路相连接。

[0009] 所述的 CAN 总线通讯网络为串行通信网络，其由通信双绞线和 3 芯电源线组成，其敷设在电缆桥架中，将智能计量终端和集中分析单元以总线方式连接。

[0010] 本实用新型提供的基于变电站智能计量系统的智能计量终端安装在多路出线上，基于 CAN 总线通讯网络实现多路智能计量终端的信息交互，可靠性高且冗余度小，采集的电能信息利用集中分析单元通过专用接口和远动通道实现远传并提供实时分析手段，为变电站计量的信息化和智能化分析提供一种新的手段和系统工具。

### 附图说明

[0011] 图 1 为网络化变电站智能计量系统的结构示意图。

[0012] 图 2 为本实用新型提供的基于变电站智能计量系统的智能计量终端逻辑框图。

[0013] 图 3 为 FM33256 存储电路图。

[0014] 图 4 为 RC 低通滤波电路图。

[0015] 图 5 为 AD73360L 功能框图。

[0016] 图 6 为 AD 调理及采样电路原理图。

[0017] 图 7 为 AD73360L 与 DSP 接口电路图。

[0018] 图 8 为 AD73360L 同步串口通讯时序图。

[0019] 图 9 为 CAN 总线电路图。

### 具体实施方式

[0020] 下面结合附图和具体实施例对本实用新型提供的基于变电站智能计量系统的智能计量终端进行详细说明。

[0021] 如图 1 所示，网络化变电站智能计量系统由集中分析单元 1、CAN 总线通讯网络 2 和多台智能计量终端 3 三个部分组成；集中分析单元 1 通过 CAN 总线通讯网络 2 与多台智能计量终端 3 相连接；其中：智能计量终端 3 是整个系统的关键，用于采集现场供电设备的电量信息，其应采用计量用高准确度的三相电压互感器、三相电流互感器，以保证测量计算的精度。每路馈出线开关柜中有电流互感器，电压互感器信号则需从各段母线 PT 柜中引至各馈出线开关柜。将电压互感器、电流互感器二次侧信号进行预处理，得到适合于 A/D 采样的电压信号，送至 A/D 采样通道，应用采样得到的数字信号进行运算，得到有功电能、无功电能、功率因数、电压频率等参数，并可扩展实现谐波测量、电能质量分析、故障录波等功能，相关参数通过 CAN 总线上传至集中分析单元。集中分析单元在获得各个智能计量终端的数据后，可以与上海电力公司现有的电能量采集系统和自动化设备接口衔接。

[0022] 如图 2 所示，本实用新型提供的智能计量终端 3 包括：主控制器 31、时钟及存储电路 32、电源切换与看门狗 33、AD 转换器 34、信号调理电路 35、CAN 收发器 36、电源系统 37、后备电池 38 和本地调试接口 39；其中：主控制器 31 分别与时钟及存储电路 32、电源切换与看门狗 33、AD 转换器 34、CAN 收发器 36 和本地调试接口 39 相连接；电源切换和看门狗 33

与时钟及存储电路 32 相连接,后备电池 38 与时钟及存储电路 32 相连接,AD 转换器 34 通过调理电路 35 与信号检测器件相连接,CAN 收发器 36 与 CAN 总线通讯网络 2 相连接,电源系统 37 分别与主控制器 31、电源切换与看门狗 33、AD 转换器 34 和信号调理电路 35 相连接。

[0023] 由于计量终端设计有谐波、三相不平衡度等电能质量监测功能,所以不采用表计芯片而采用高性能 DSP 和表计  $\Sigma-\Delta$  AD 的硬件方案,这种系统可以获取电流和电压的直接采样点,便于计算谐波、三相不平衡度,以及准确测量电网频率。终端装置总体硬件结构包括 DSP 最小系统、电源系统、信号检测器件 CT, PT 及信号调理电路、后备电池、电源切换与看门狗、实时时钟及数据存储 (RTC 及 FRAM)、本地调试串口、CAN 总线接口等;图 2 为基于变电站智能计量系统的智能计量终端逻辑框图,如图 2 所示:电压互感器/电流互感器二次侧信号首先经过高精度小型互感器再次隔离,并转换为弱电信号,然后经过低通滤波之后进入 AD 转换器。AD 采用电能计量专用六通道 16bit AD 转换器,采样频率 8K SPS,内置抗混叠滤波器及可编成放大器 (PGA)。

[0024] CAN 总线接口由 DSP 片上 CAN 控制器和 CAN 总线收发器共同实现,支持 CAN2.0B 协议,传输速率最高可达 1Mbps。

[0025] 实际终端装置分三个模块:电源及互感器模块 (PIO)、核心主控模块 (CORE)、面板指示模块。

[0026] 电源互感器模块 PIO 具有两个功能:电源变换、测量信号变换。电源变换将外部直流或交流电源变换为 5V 直流电源,而测量信号变换电路为高精度高线性度的小型测量电压互感器、电流互感器,将外部强电信号转换为 mA 级弱电信号,便于系统进一步处理测量。

[0027] 核心主控模块 CORE 包括 DSP 最小系统、线性降压稳压、信号调理、AD 转换、CAN 收发器、时钟及数据存储 (RTC 及 FRAM) 等系统所有的主要功能实现电路。

[0028] 面板指示模块主要用于指示系统电源状态、系统运行状态、数据通信状态、有功电能脉冲、无功电能脉冲,同时提供程序下载、调试、通信校验等端口。

[0029] 电源系统 37 为电流、电压变换电路和接口保护电路,电源变换采用宽范围开关电源,输入兼容 85 ~ 265V AC 和 100 ~ 300V DC,输出电压 5V,最大输出电流 2A。电源变换输入回路并联安规电容 (X 电容和 Y 电容)、串联共模电感以降低共模高频干扰;

[0030] 信号调理电路 35 为电流、电压变换电路,采用计量专用高线性度的小型电压互感器和电流互感器,互感器一方面将强电信号转换为弱电信号,另一方面达到装置内部与外部系统隔离的目的。

[0031] 主控制器 31 为智能计量终端 3 的控制核心,由 DSP 和数据存储构成的最小系统是终端的计算和控制核心,终端采用 TI 公司高性能 32 处理器 TMS320F2812,并配置 256K $\times$ 16bit SRAM,4M $\times$ 16bit FLASH 一起构成系统核心。SRAM 用于程序运行过程中数据暂存,FLASH 具有非易失特点,适用于保存历史数据和统计数据,而系统参数保存于一块 SPI 接口的铁电 RAM (FRAM) 中。为提高系统集成度,FRAM 选用带有实时时钟 (RTC) 的多功能 FRAM 芯片 FM33256,图 3 为 FM33256 的电路原理图,如图 3 所示,实时时钟带有后备电池及动态电源切换电路,当系统掉电时,能立即切换到电池供电。

[0032] 系统核心还包括一个运行监视电路 TPS3606 (看门狗) 以提高整个系统的可靠性,运行监视电路可以有效防止 DSP 运行期间的程序异常和死锁。

[0033] 信号调理电路 35 为输入信号调理电路,由电流、电压变换电路得到的 mA 级弱电流

信号首先用精密取样电阻转换为电压信号,然后经 RC 低通滤波进一步降低高频干扰提升信噪比,最后用参考电压偏置后输入 AD 转换器。三相电流和三相电压变换产生的六组弱电流感信号采用相同的预处理电路,原理如图 4 所示。

[0034] 采样电路选用 ADI 公司三相计量专用的六通道 16-bit  $\Sigma$ - $\Delta$  AD 转换器 AD73360L,采样频率 8kSPS。该芯片的每个输入通道均有自己独立的信号调理、可编程放大器 (PGA) 和  $\Sigma$ - $\Delta$  AD 转换,非常适合作为专业的电能计量采集前端,其内部功能框图如图 5 所示。

[0035] 信号调理允许输入配置为差分或单端输入模式,片上集成的抗混叠滤波器 (Anti-alias) 滤除 4kHz 以上的所有信号,对于系统设计的 8kHz 采样完全避免了频率混叠问题。而片上 PGA 支持的软件配置放大倍数的功能则极大地简化了外部信号调理电路。

[0036] 计量系统需要高分辨率、高集成度高信噪比和低价格的 ADC,新型的  $\Sigma$ - $\Delta$  转换技术恰好可以满足这些要求, $\Sigma$ - $\Delta$  转换器中的模拟部分非常简单(类似于一个 1bit ADC),而数字部分要复杂得多,按照功能可划分为数字滤波和抽取单元,所以更接近于一个数字器件。 $\Sigma$ - $\Delta$  转换器的工作原理是基于过采样技术,如果对输入信号后以频率  $f_s$  采样,按照 Nyquist 定理,采样频率至少两倍于输入信号,从 FFT 分析结果可以看到,量化噪声是分布于 DC 到  $f_s/2$  间的随机噪声,主要是由于有限的 ADC 分辨率而造成的。为了改善 SNR 和更为精确地再现输入信号,一种方式是增加 ADC 的位数,而另一种方式是  $\Sigma$ - $\Delta$  转换器所采用的过采样技术。如果将采样频率提高一个过采样系数  $k$ ,即采样频率为  $kf_s$ ,FFT 分析显示噪声基线降低了,SNR 值未变,但噪声能量分散到一个更宽的频率范围。 $\Sigma$ - $\Delta$  转换器正是利用了这一原理,具体方法是紧接着 1bit ADC 之后进行数字滤波。大部分噪声被数字滤波器滤掉,这样,RMS 噪声就降低了,从而通过一个低分辨率 ADC, $\Sigma$ - $\Delta$  转换器获得了宽动态范围。在数字滤波之后的抽取单元(decimator),其抽取率由过采样率和 ADC 输出样点速率决定。抽取单元还按 AD 输出位数对 1bit AD 输出结果进行累加得到的样点值保存于 AD73360L 的内部 RAM 暂存;图 5 为三相电流、电压信号调理及采样电路原理图。

[0037] AD73360L 与 DSP 接口为同步串口,图 6 表示了接口电路原理图。F2812 片上 McBSP 接口配置非常灵活,可以与 AD73360L 的同步串口时序无缝匹配,其时序图如图 6 所示。电压基准源采用 REF3212,为 AD 提供 1.25V 的转换参考电压,同时 AD 需要外部输入时钟源(频率 16.384MHz)。

[0038] 图 7 为 AD73360L 与 DSP 接口电路图。

[0039] 图 8 为 AD73360L 同步串口通讯时序图。

[0040] 所述的 CAN 收发器 36 为 CAN 总线通信协议数据链路层协议主要由 CAN 控制器完成,TMS320F2812 内部集成了支持 CAN2.0B 协议的 CAN 控制器,物理层则通过 SN65HVD230D 收发器实现,传输速率最高可达 1Mbps。与外部通过 AD  $\mu$  M1201 磁隔离芯片实现内部系统和外部总线的电气隔离,电路如图 9 所示。

[0041] 智能计量终端 3 还包括 LED 指示灯、串行通信口、本地调试接口 39;LED 指示灯等指示系统电源、运行、通信状态以及有功电能脉冲输出、无功电能脉冲输出等。串行通信口用于装置的在线诊断,而本地调试接口 39 为 JTAG 调试接口,是研发阶段的主要调试接口。

[0042] 本发明的工作过程如下,信号检测器件 CT,PT 的输出信号经信号调理后送至 AD 转换器中,主控 CPU 控制电压、电流信号的采集长度、采集时间和采样率,根据时钟电路输出的时间将采集到的数据打上时间标签,通过 CAN 总线将采集的数据发送到监控主站。电源

系统为所有的电路芯片供电,后备电池为看门狗和时钟电路供电,看门狗模块实时监控 CPU 的工作状态,一旦 CPU 工作异常及时重启 CPU。本发明可根据需要实时监控变电站某条线路的能量情况。

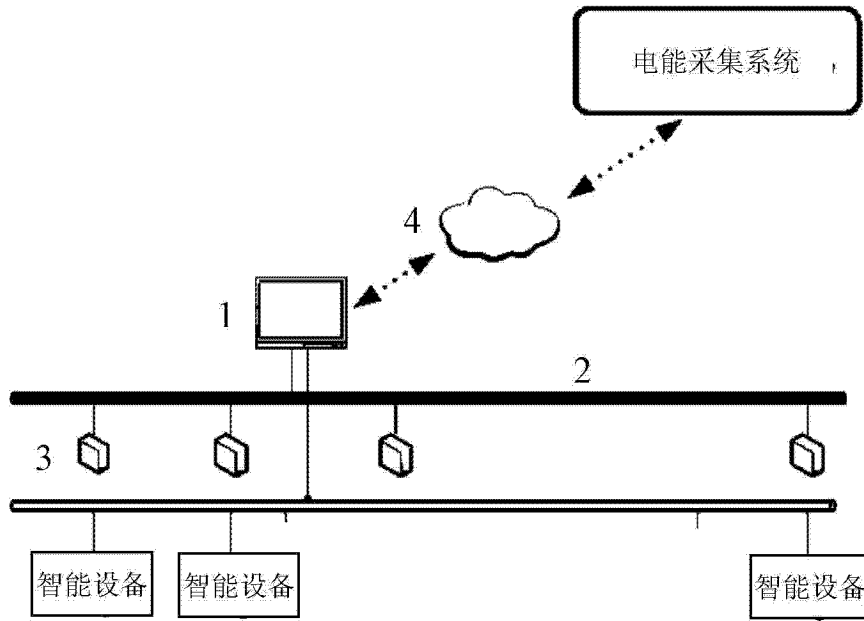


图 1

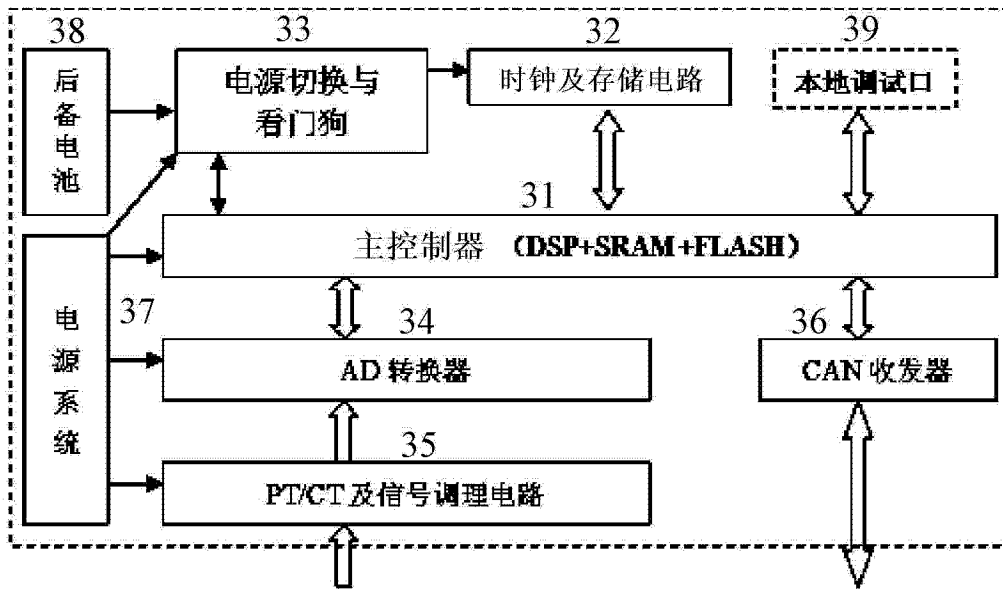


图 2



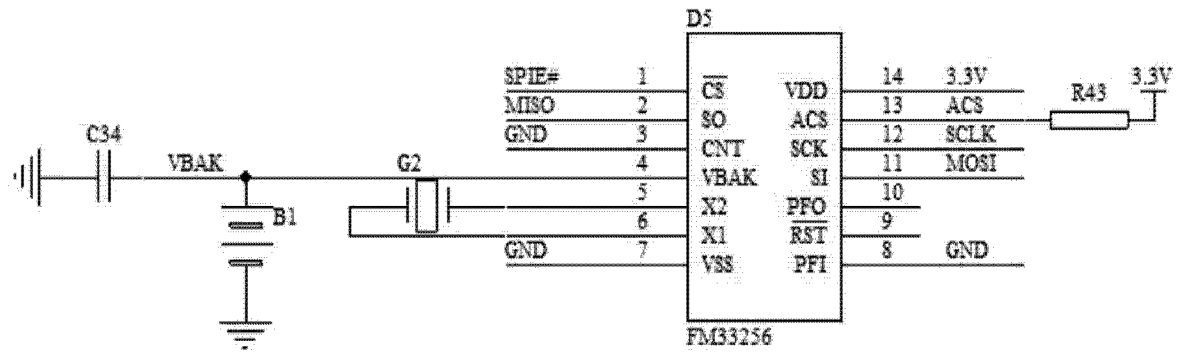


图 3

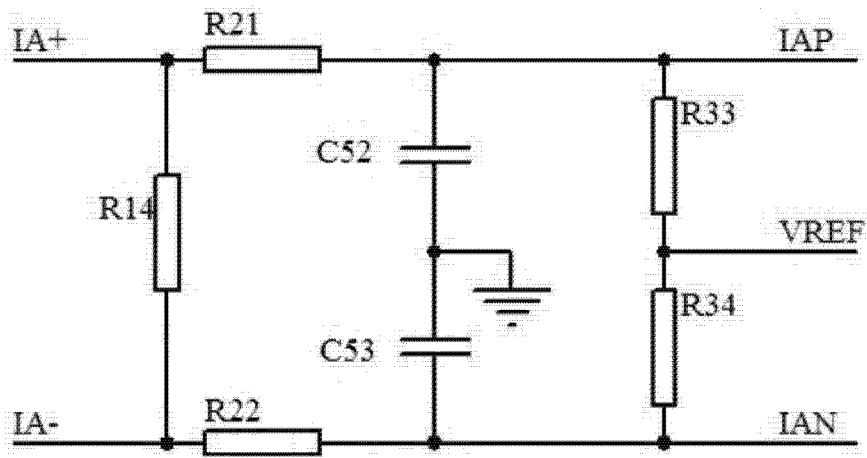


图 4

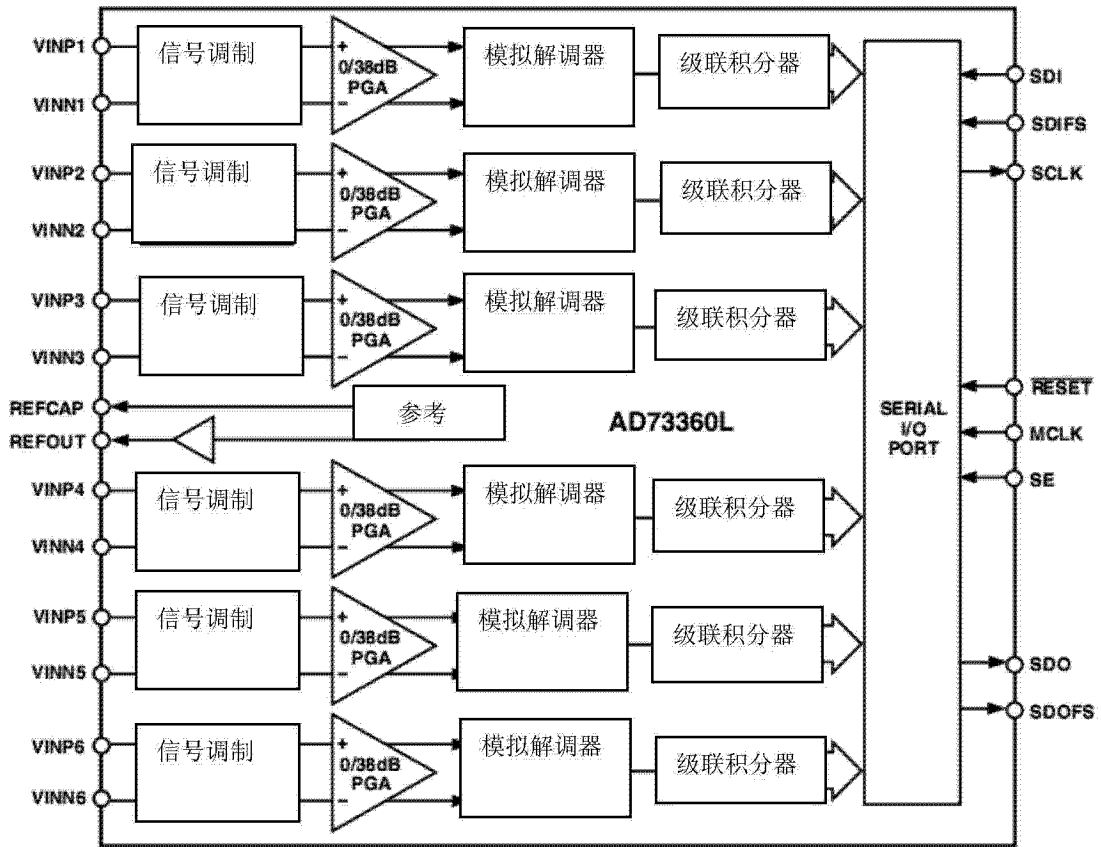


图 5

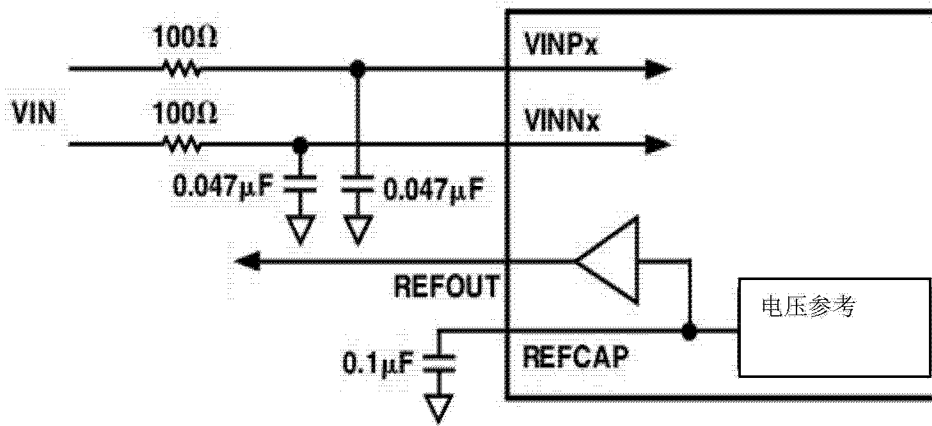


图 6

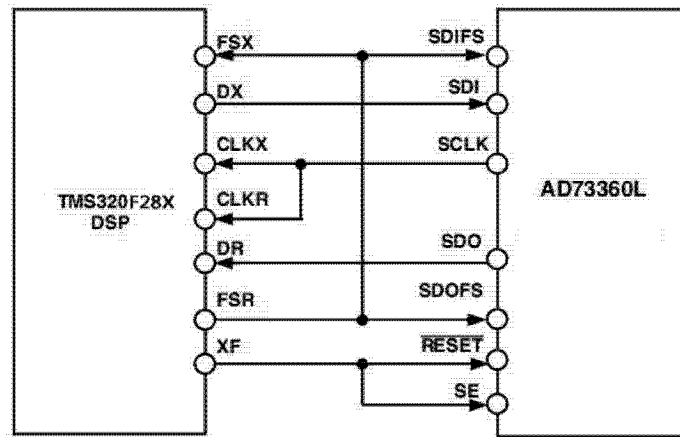


图 7

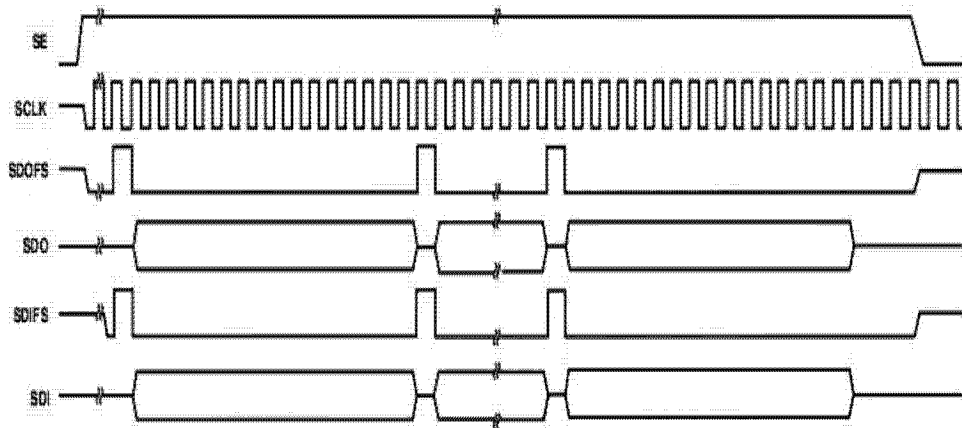


图 8

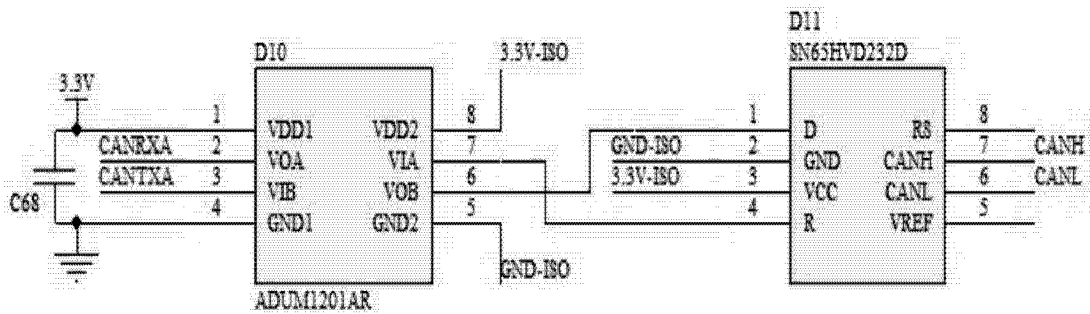


图 9