



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102608452 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 21

(21) 申请号 201210050239. 0

(22) 申请日 2012. 02. 24

(73) 专利权人 安徽建筑大学

地址 230601 安徽省合肥市经济技术开发区
紫云路 292 号

(72) 发明人 高翠云 赵彦强 宋杨 徐荃
周春 汪莉丽

苏鹏程. 牵引供电系统电能质量在线检测技术的研究. 《电气化铁路牵引变电所新技术年会论文集》. 2007, 1-4.

审查员 张博

(51) Int. Cl.

G01R 31/00 (2006. 01)

G01M 17/08 (2006. 01)

G08C 17/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102053202 A, 2011. 05. 11,

CN 202583342 U, 2012. 12. 05,

CN 101571563 A, 2009. 11. 04,

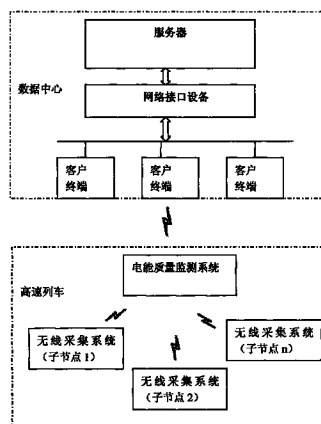
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

高速列车设备状态及电能质量监测系统与方法

(57) 摘要

本发明公开了高速列车设备状态及电能质量监测系统与方法,该系统包括无线采集系统、电能质量监测系统和数据中心,其中电能质量监测系统包括 ARM 主控模块、频率跟踪模块、无线通信及定位模块。该方法是通过无线网络传感器分布式采集高速列车设备状态信号并分析,同时采用频率跟踪法同步采集供电系统电压、电流数据并分析获得电能质量数据,其中电能质量数据包含采用全球定位系统得到的精确的时间、空间信息。基于工作状态多参数模型,并结合专家知识及神经网络的方法分析数据,进行设备故障预测和供电安全预警。本发明可实现具有精确定位的电能质量监测及分布式设备健康状况监测功能,特别适用于高速列车及牵引供电系统安全监测与预警。



1. 一种高速列车设备状态及电能质量监测系统,其特征在于,包括无线采集系统、电能质量监测系统、数据中心;所述无线采集子系统与电能质量监测系统连接;所述电能质量监测系统与数据中心连接;所述电能质量监测系统包括数据采集模块、ARM 主控模块、频率跟踪模块和无线通信及定位模块;所述数据采集模块包括电压传感器、电流传感器、预处理电路和 A/D 采样电路;所述预处理电路包括 AGC 自增益程控放大电路和巴特沃思滤波电路, A/D 采样电路由 ARM 主控模块的片内外设提供;所述 ARM 主控模块使用 Cortex-M3 嵌入式控制器;所述频率跟踪模块包括比较器电路和基于 FPGA 的数字倍频电路;所述无线通信及定位模块包括 GPS 定位单元、GPRS 无线传输单元、GSM 无线传输单元和 ZIGBEE 无线模块;所述电压传感器输出与预处理电路连接,所述电流传感器输出与预处理电路连接;所述预处理电路的输出与 A/D 采样电路连接;频率跟踪模块的比较器电路与某一相电压预处理电路输出端连接;所述 ARM 主控模块通过中断 I/O 端口与频率跟踪模块的数字倍频电路输出连接;所述无线通信及定位模块中的 GPS 定位单元、GPRS 无线传输单元、GSM 无线传输单元分别与 ARM 主控模块的串行接口连接;所述无线通信及定位模块中的 GPS 定位单元、GPRS 无线传输单元、GSM 无线传输单元包含在 QE-GPRS/GSM/GPS 一体化模块内部,所述 QE-GPRS/GSM/GPS 一体化模块采用 SIM300 芯片。

2. 根据权利要求 1 所述的监测系统,其特征在于,所述无线采集系统包括多个分布安装在高速列车设备上的无线采集子节点;所述无线采集子节点包括多参数采集模块和无线传输模块;所述无线传输模块与多参数采集模块连接。

3. 根据权利要求 2 所述的监测系统,其特征在于,所述无线传输模块采用 ZIGBEE 无线传输协议。

4. 根据权利要求 2 所述的监测系统,其特征在于,所述多参数采集模块采用非侵入式的采集方式。

5. 根据权利要求 1 所述的监测系统,其特征在于,所述数据中心包括客户终端;所述客户终端包括无线通信模块,所述无线通信模块包括 GSM 单元和 ZIGBEE 无线模块。

6. 根据权利要求 1-5 任何一项所述的监测系统,其特征在于,所述无线采集系统中的无线传输模块与电能质量监测系统的无线通信及定位模块中的 ZIGBEE 模块无线连接。

7. 根据权利要求 1-5 任何一项所述的监测系统,其特征在于,所述电能质量监测系统的无线通信及定位模块与数据中心的无线通信模块采用 GPRS 方式或 GSM 或 ZIGBEE 协议无线连接。

高速列车设备状态及电能质量监测系统与方法

[技术领域]

[0001] 本发明涉及电能质量及故障预测技术领域,尤其涉及一种高速列车设备状态及电能质量的监测系统与方法。

[0002] [背景技术] 铁道牵引供电系统是高铁的“心脏”,为高铁和动车组提供动力。近年来,高铁事故发生比较频繁,如列车无法制动、失去动力,严重者造成人员伤亡事故。这些事故进一步证明:牵引供电系统的安全运行、关键设备的可靠性直接影响列车的安全运行。

[0003] 由于高铁、列车及供电系统的特殊性,既有牵引供电系统的电压输出,又有自己的发电系统,且牵引供电电压不停切换、负荷始终处于高速运动状态,而目前成熟的电能质量监测系统绝大多数是针对静态(非运动状态)负荷的,无法提供含有被监测点精确时空信息的电能质量数据。

[0004] 现已公布的关于列车状态监测研究的专利大多集中于列车运行环境(如中国专利申请号 03257809.1 《现场检测列车空气压力的测量装置》)或者是相对单一的部件运行状态(如中国专利申请号 200320124120 《一种用于列车轮对运行状态的智能型监测装置》),对于列车关键设备健康状况进行监测的研究极少。有部分专利涉及到故障信息处理(中国专利申请号 200710111200 《列车故障误报的过滤方法及系统》;中国专利申请号 201010563179 《一种基于神经网络的地铁列车故障诊断装置及其方法》),但其故障状态信息是直接从相关各设备读取方式获取,没有具体涉及如何自主采集列车设备状态(包括故障)信息采集及特征提取的方法。

[0005] 基于此,我们提出了同时从电能质量和设备健康状况两个方面对高速列车进行综合安全预警,重点研究高速列车设备状态及电能质量监测系统及方法,其中关键设备重点包括供配电系统设备、信号控制与防护系统设备、电(空气)制动系统设备等。

[发明内容]

[0006] 本发明要解决的技术问题是克服现有技术的不足,提供一种高速列车设备状态及电能质量监测系统。

[0007] 本发明要解决的另外一个技术问题是克服现有技术的不足,提供一种高速列车设备状态及电能质量监测方法。

[0008] 对于高速列车设备状态及电能质量的监测系统,本发明采用的技术方案是,该系统包括无线采集系统、电能质量监测系统、数据中心;无线采集子系统与电能质量监测系统连接;电能质量监测系统与数据中心连接。

[0009] 作为优选,无线采集系统包括多个分布安装在高速列车设备上的无线采集子节点;无线采集子节点包括多参数采集模块和无线传输模块;无线传输模块与多参数采集模块连接。

[0010] 作为优选,无线传输模块采用 ZIGBEE 无线传输协议。

[0011] 作为优选,多参数采集模块采用非入侵式的采集方式。

[0012] 作为优选,电能质量监测系统包括数据采集模块、ARM 主控模块、频率跟踪模块和

无线通信及定位模块;数据采集模块包括电压传感器、电流传感器、预处理电路和 A/D 采样电路;预处理电路包括 AGC 自增益程控放大电路和巴特沃思滤波电路,A/D 采样电路由 ARM 主控模块的片内外设提供;ARM 主控模块使用 Cortex-M3 嵌入式控制器;频率跟踪模块包括比较器电路和基于 FPGA 的数字倍频电路;无线通信及定位模块包括 GPS 定位单元、GPRS 无线传输单元、GSM 无线传输单元和 ZIGBEE 无线模块;电压传感器输出与预处理电路连接,电流传感器输出与预处理电路连接;预处理电路的输出与 A/D 采样电路连接;频率跟踪模块的比较器电路与某一相电压预处理电路输出端连接;ARM 主控模块通过中断 I/O 端口与频率跟踪模块的数字倍频电路输出连接;无线通信及定位模块中的 GPS 定位单元、GPRS 无线传输单元、GSM 无线传输单元分别与 ARM 主控模块的串行接口连接。

[0013] 作为优选,数据中心包括客户终端;客户终端包括无线通信模块,无线通信模块包括 GSM 单元和 ZIGBEE 无线模块。

[0014] 作为优选,无线采集系统中的无线传输模块与电能质量监测系统的无线通信及定位模块中的 ZIGBEE 模块无线连接。

[0015] 作为优选,电能质量监测系统的无线通信及定位模块与数据中心的无线通信模块采用 GPRS 方式或 GSM 或 ZIGBEE 协议无线连接。

[0016] 对于高速列车关键设备状态及电能质量的监测方法,本发明采用的技术方案是:包括以下步骤:

[0017] (1) 通过无线网络传感器分布式采集列车关键设备状态信号并分析,同时采用频率跟踪法同步采集供电系统的电压、电流数据并分析获得电能质量数据,电能质量数据包含采用全球定位系统得到的精确的时间、空间信息;

[0018] (2) 将列车关键设备状态数据和电能质量数据传送给调度中心,形成数据库;

[0019] (3) 从设备正常工作状态数据中提取设备工作状态特征,包括功率、电流谐波特征、设备热温度场分布特征、噪声特征,建立工作状态多参数模型;

[0020] (4) 基于工作状态多参数模型,结合专家知识、神经网络相综合的方法分析设备状态和电能质量的实时监测数据,进行设备故障预测和供电安全预警。

[0021] 作为优选,列车关键设备包括供配电系统设备、信号控制与防护系统设备、电或空气制动系统设备;设备状态信号包括设备供电电压、设备电流、温度、噪声和加速度信号;采用非入侵方式采集设备状态信号,其中温度采集采用非接触式热红外手段,并且采用热红外阵列传感器形成有限元热温度场数据。

[0022] 本发明的有益效果是:

[0023] 系统基于 ARM 及 FPGA 实时技术并采用频率跟踪法同步采集供电系统电压、电流数据、结合 AGC 自增益程控电路等模块,提高了谐波分析精度,其中电能质量数据包含采用全球定位系统得到的精确的时间、空间信息,上述措施有利于调度中心对电网安全预警做出更及时、精准的判断。

[0024] 采用非入侵方式采集关键设备包括发供电系统设备、信号控制与防护系统设备、机车动力设备等的工作状态信号,其优点在于:不需要打开现有各类设备、不改变设备内部电气互联关系,避免了由新增监测系统给原有系统带来新的故障隐患。

[0025] 采用无线分布式采集设备状态信号,其优点在于避免了采取有线方式集成所造成的传输线过长(如车头车尾相距几百米远)、抗干扰能力差、安装困难的缺点。

[0026] 采用基于正常工作状态多参数模型、专家知识及神经网络综合的方法进行设备故障预警和供电安全预警,其中工作状态多参数模型特征参数包括功率、电流谐波特征、设备热温度场分布特征,该方法为设备故障及高铁供电网安全预警提供了一种新思路,该方法可实施性较强。

[0027] 系统采用同时监测电能质量及关键设备状态数据,从高速列车动力源及列车关键设备两个方面考虑同时进行安全预警检测,提高了安全预警系统的预警系统性、及时性和响应能力。

[附图说明]

[0028] 图1是本发明高速列车设备状态及电能质量监测系统实施例的总体结构图。

[0029] 图2是本发明高速列车设备状态及电能质量监测系统实施例的无线采集子节点结构图。

[0030] 图3是本发明高速列车设备状态及电能质量监测系统实施例的电能质量监测系统结构图。

[0031] 图4是本发明高速列车设备状态及电能质量监测系统实施例的ARM主控模块框图。

[0032] 图5是本发明高速列车设备状态及电能质量监测系统实施例的频率跟踪模块原理框图。

[具体实施方式]

[0033] 如图1所示,本实施例是由无线采集系统、电能质量监测系统和数据中心组成的。其中无线采集系统包含多个无线采集子节点,分布在列车不同空间(如车头、车尾的控制室)设备和关键部件上;电能质量监测系统在或尽量靠近列车的总供电室安装;数据中心包括客户终端、网络接口设备、服务器,其中各客户终端安装在沿铁轨的各控制室或者分调度室,服务器安装在总调度中心,客户终端与服务器之间依靠网络接口设备互联。

[0034] 一、无线采集系统

[0035] 如图1、图2所示,无线采集系统包括多个分布安装在高速列车设备外部附近的无线采集子节点,无线采集子节点包括多参数采集模块和无线传输模块。多参数采集模块包括传感器模块,传感器种类包含电压、电流传感器、温度传感器、噪声传感器等,采用的均为非侵入式,即安装在设备的外部,如电压电流传感器安装在电源接入端,温度传感器、噪声传感器安装在设备外部相应的敏感空间。

[0036] 无线传输模块采用ZIGBEE传输协议,要求支持远距离传输,如可以选择TI公司的CC2530,该芯片内部含有CPU核和片上A/D,可以实现控制、采集、传输多功能。

[0037] 无线采集系统工作流程如下:

[0038] 步骤11:无线采集子系统初始化,主要包括ZIGBEE初始化、串口初始化;

[0039] 步骤12:运行采集模块,主要采集电压、电流、温度、噪声等信息;

[0040] 步骤13:运行数据处理、分析模块;

[0041] 步骤14:数据打包,发送给电能质量监测系统;

[0042] 其中,步骤12中采集的列车设备状态的数据类型如下:

[0043] (一) 电压电流参数

[0044] (1) 有效值 :基波电压 (电流) 有效值 ;电压 (电流) 有效值 ;

[0045] (2) 谐波含量 :2-50 次谐波电流值中的最高前 10 个 ;电流总畸变率 ;

[0046] (3) 频率 :基波电压频率 ;

[0047] (4) 相位 :每周波电压峰值与电流峰值之间的相位差 ;

[0048] (5) 功率 :额定功率、瞬时功率、基波功率因数。

[0049] (二) 温度参数

[0050] 设备温度短时平均值、温度长时平均值、温度最大值、温度变化率、环境温度短时平均值、设备额定工作温度值。

[0051] (三) 振动噪声参数

[0052] 噪声强度短时平均值、噪声强度长时平均值、噪声强度最大值、噪声强度变化率。

[0053] (四) 超标数值

[0054] 瞬时电压超标值及时间、瞬时电流超标值及时间、瞬时功率超标值及时间、温度超标值及时间

[0055] 二、电能质量监测系统

[0056] 如图 3 所示,电能质量监测系统包括由电压传感器、电流传感器、预处理电路、A/D 采样电路组成的数据采集模块、ARM 主控模块、频率跟踪模块、无线通信及定位模块、LCD 液晶显示模块、键盘及内存扩展模块。

[0057] 预处理电路由 AGC 自增益程控放大、低通滤波和电平转换电路组成。

[0058] (一)AGC 自增益程控放大电路 :考虑到电网电流经过电流互感器变换后的信号电压可从毫伏级到伏级,故采用仪表运放作为放大器芯片。利用 ARM 主控模块的 I/O 口选通继电器串联反馈电阻实现档位自动切换,采用先置最小增益采集后,将最大值与 A/D 满量程的 90% 比较,并逐次逼近法进行选档。

[0059] (二) 抗混叠滤波电路 :采用 8 阶巴特沃斯型有源低通滤波器,实现低相位失真的陡峭滤波效果。

[0060] (三) 电平转换电路 :主处理器 ARM 模块片上 A/D 输入的电压范围是 0-3.0V,而电压、电流传感器输入的信号均为双极性信号,故采用电平转换电路即 2 个运放构成的差动放大电路,将前端输出的双极性信号转换为相应电平的单极性信号。

[0061] 如图 4 所示,A/D 采样电路由主处理器 ARM 模块提供。ARM 主控模块选用芯片型号是 LM3S1138,它是一款基于 Cortex-M3 内核的嵌入式控制器,片内 ADC 具有 10-bit 精度 8 通道同步采样功能。根据高速列车的牵引供电系统的实际情况 (可能是单相供电或多相),选择其中 2-6 个通道用于电压、电流的采集。本系统采样模式分两种 :定时器采样和外部触发采样。定时采样主要用于系统初测、量程切换,定时采样由 ARM 片上定时器控制 ;采用外部触发采样方式实现对电网信号的实时同步采集,外触外采样由频率跟踪模块控制。

[0062] 如图 5 所示,频率跟踪模块与预处理电路任一路单相 (A、B、C) 电压输出信号连接。频率跟踪模块由比较器与数字倍频电路组成,数字倍频电路是基于自制的 FPGA 板卡并利用 VHDL 语言编程实现,板卡主芯片是 ACEX1K30QC-208FPGA,采用同步周期法进行倍频,并且采用数字去噪预处理提高抗干扰能力。频率跟踪模块中的比较器电路将近似正弦波的单相电压信号整形为同频率的矩形波信号,采用高精度基准芯片作为比较器的基准。整形

后的矩形波信号,一方面输入到 ARM 主控模块的捕捉引脚 CAP1 上,利用 LM3S1138 的捕捉功能,实现对电网频率的实时捕捉与计算,得出电网频率;另一方面作为数字倍频电路的输入信号,经数字倍频锁相后实现对电信号的 128 倍频,并输出占空比为 1 : 8 的脉冲信号,该信号与 ARM 主控模块的外触发中断 I/O 端口 (PB4) 连接,作为 A/D 外出触发采样控制信号,实现对电网信号精确同步采样。

[0063] ARM 主控模块利用快速傅里叶变换 (FFT) 算法对采样信号的离散序列进行频谱分析,并通过数字滤波、误差校正算法修正相关结果,实时计算出电网频率、各次谐波含量、有功功率和无功率、功率因素、电压波动等电能质量参数。

[0064] 无线通信及定位模块包含 Zigbee 模块和 QE-GPRS/GSM/GPS 一体化模块。Zigbee 模块负责与无线采集系统通信,相当于无线采集系统内的无线主节点,选择与无线采集系统配套的传输模块,即 CC2530。ARM 主控模块通过 UART0/RS232/RS485 串行接口与 QE-GPRS/GSM/GPS 一体化模块相联接,负责与数据中心通信。QE-GPRS/GSM/GPS 一体化模块内部含有 GPS 全球定位系统、GSM 无线通信模块、GPRS 无线通信模块。QE-GPRS/GSM/GPS 一体化模块选择西门子公司的 SIM300 芯片,该芯片支持 AT 指令模式。

[0065] 人机接口模块与 ARM 主控模块连接,人机接口模块由 LCD 显示和键盘组成。键盘通过响应客户命令控制 LCD 液晶显示配电能质量分析结果等信息。

[0066] 外扩 SD 卡接口电路与 ARM 主控模块的输入 / 输出端口 (GPIO) 连接,实现对 ARM 主控模块的内存扩展,实现对大量数据的存储。

[0067] 整个电能质量监测系统是将上述所有部件装配在一起。

[0068] 上述电能质量监测系统的工作流程如下:

[0069] 步骤 21 :电能质量监测系统初始化,包括硬件外设初始化、关键数组初始化,

[0070] 步骤 22 :读取配置参数,运行电能质量采集及分析模块;

[0071] 步骤 23 :读取 GPS 数据,包括时间、经纬度信息;

[0072] 步骤 24 :读取无线采集系统数据并分析;

[0073] 步骤 25 :显示综合信息;数据压缩、打包,发送给数据中心;

[0074] 步骤 26 :等待接收数据中心分析结果;

[0075] 步骤 27 :若结果正常则返回至步骤 22,异常则报警,并把报警信息发送给数据中心;

[0076] 步骤 28 :等待,接收数据中心发回的解除警报命令;

[0077] 步骤 29 :接收到解除警报命令,返回 21 ;否则,返回步骤 28。

[0078] 三、数据中心

[0079] 如图 1 所示,数据中心由客户终端、网络接口设备和服务器组成。客户终端包含无线通信模块和终端计算机,无线通信模块包括 GSM 无线传输单元、ZIGBEE 无线模块;网络接口设备包括防火墙、光纤交换机、光纤;服务器包括主机、数据库模块、应用模块、磁盘阵列。

[0080] 无线通信模块包括 GSM 无线传输单元、ZIGBEE 无线模块,其中 ZIGBEE 模块与无线采集系统、电能质量监测系统选择相同型号 ZIGBEE 芯片。

[0081] 服务器中的数据库模块负责数据实时存储、调用、统计、图表显示、查询等功能;应用模块主要包括设备工作状态分析、设备故障预测、电网安全预警功能;磁盘阵列用于存储系统海量历史数据,数据类型包括设备状态数据、电能质量数据两大类数据分别对应的各

具体参数的原始结果、分析结果、统计结果等。

[0082] 数据中心的工作流程如下：

[0083] 步骤 31：系统初始化，包括硬件外设初始化、关键数组初始化；

[0084] 步骤 32：接收数据，解包、存储；

[0085] 步骤 33：建立数据库；

[0086] 步骤 34：运行数据分析模块；

[0087] 步骤 35：如正常则返回 32，异常则报警；

[0088] 步骤 36：等待客户解除警报命令；

[0089] 步骤 37：接收到客户解除警报命令，发送解除警报指令给电能质量监测系统，返回 S31；否则，返回步骤 36。

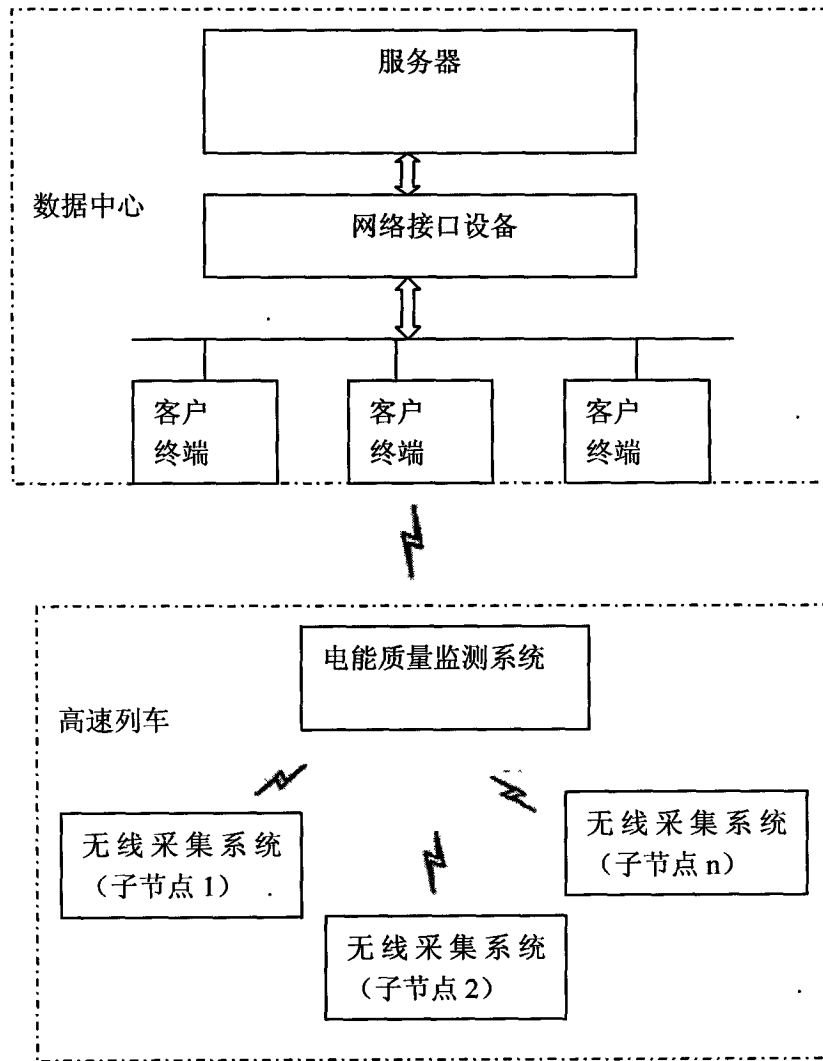


图 1

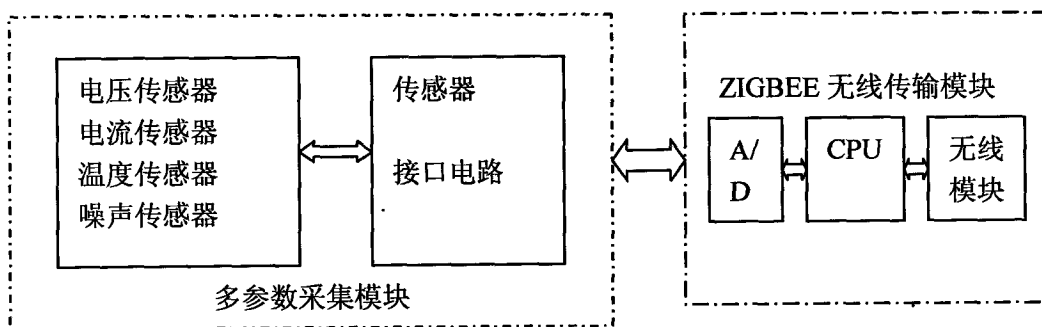


图 2

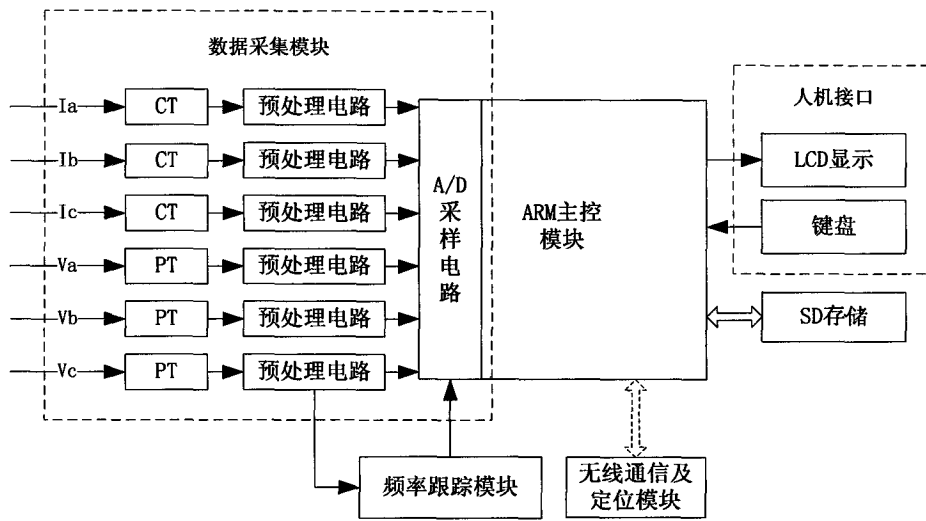


图 3

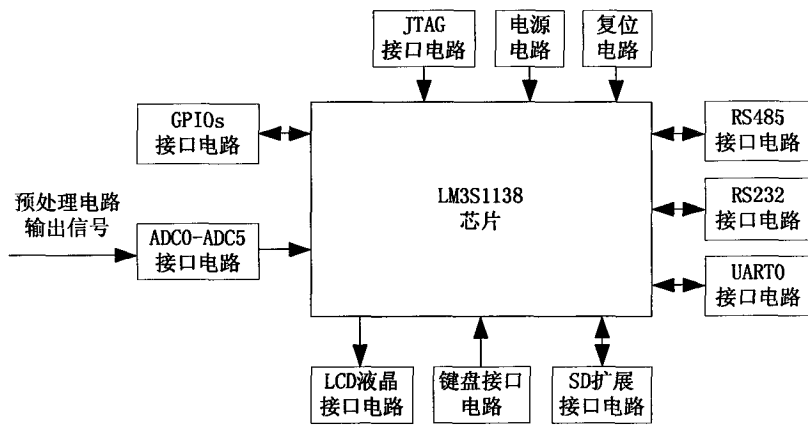


图 4

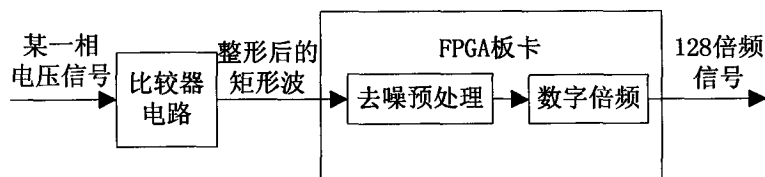


图 5