(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 203056589 U
(45)授权公告日 2013.07.10

(21)申请号 201220675321.8
(22)申请日 2012.12.10
(73)专利权人 乐山晟嘉电气有限公司
地址 614000 四川省乐山市高新区乐高大道三号
(72)发明人 陈继军 刘智栋
(74)专利代理机构 成都天嘉专利事务所（普通合伙） 51211
代理人 方强
(51)Int.Cl.
H02J 3/18(2006.01)
H02J 3/01(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

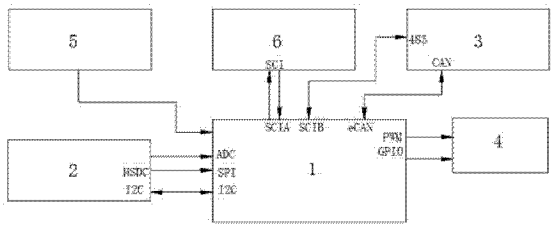
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)实用新型名称

基于DSP芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置

(57)摘要

本实用新型涉及基于DSP芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置，包括中央处理器控制模块、电参数测量采样模块、通信模块、显示模块、电源模块、触发模块；中央处理器控制模块通过高速接口、高速数据采集端口、串行同步接口、数据总线接口连接电参数测量采样模块，通过串行异步通信接口、增强型控制器局域网络接口与通讯模块通讯，通过专用电源芯片连接电源模块，通过脉宽调制模块连接触发模块，通过串行异步通信接口连接显示模块；中央处理器控制模块由TMS320F28335芯片和ADE7878芯片形成双核系统；本实用新型具有过压、失压和过流保护，具有很高的抑制各种谐波干扰作用，安全性、稳定性大大提高。



CN 203056589 U

1. 基于 DSP 芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置，其特征在于：包括中央处理器控制模块（1）、电参数测量采样模块（2）、通信模块（3）、电源模块（6）、电源模块（5）、触发模块（4），中央处理器控制模块（1）设置于 CPU 主板上，中央处理器控制模块（1）通过专用高速接口、高速数据采集端口 HSDC 和串行同步接口 SPI、数据总线接口 I2C 连接电参数测量采样模块（2），中央处理器控制模块（1）通过串行异步通信接口 SCIB、增强型控制器局域网络 eCAN 接口与通讯模块进行通讯，中央处理器控制模块（1）通过专用电源芯片 TPS73HD301 模块连接电源模块（5），中央处理器控制模块（1）通过脉宽调制模块 PWM 连接触发模块（4），中央处理器控制模块（1）通过串行异步通信接口 SCIA 连接电源模块（6）；所述中央处理器控制模块（1）设置有 32 位浮点运算 DSP 芯片 TMS320F28335 和微处理器 DSP 芯片 ADE7878 形成双核系统。

2. 根据权利要求 1 所述的基于 DSP 芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置，其特征在于：所述电参数测量采样模块（2）包括晶闸管电压单元和被测系统的电压电流采样单元；晶闸管电压单元包括晶闸管电压采样电路、连接晶闸管电压采样电路的低通滤波电路，低通滤波电路连接调理运放电路，调理运放电路通过 ADC 连接至中央处理器控制模块（1）；被测系统的电压电流采样单元包括被测系统的电压电流采样电路，通过专用芯片 ADE7878 采样电路连接至中央处理器控制模块（1）的串行同步接口 SPI，同时采样电路与中央处理器控制模块（1）通过数据总线接口 I2C 双向连接；所述电参数测量采样模块（2）采用 ADE7878 集成谐波监控的多相多功能电能计量 IC 芯片为核心。

3. 根据权利要求 2 所述的基于 DSP 芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置，其特征在于：所述通信模块（3）配置有 MODBUS 协议、PROFIBUS 协议的 RS485 及 CAN 接口，通过 CAN 接口与远方上位机连接。

4. 根据权利要求 1 所述的基于 DSP 芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置，其特征在于：所述电源模块（5）包括电源隔离变压器、专用电源芯片，电源连接至电源隔离变压器，电源隔离变压器连接至电源芯片，专用电源芯片连接至中央处理器控制模块（1）；所述电源芯片采用 TPS73HD301 芯片。

5. 根据权利要求 1 所述的基于 DSP 芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置，其特征在于：所述触发模块（4）包括光耦、场效应管、脉冲隔离变压器，中央处理器控制模块（1）通过脉宽调制模块 PWM 连接到光耦，光耦连接场效应管，场效应管连接脉冲隔离变压器。

基于 DSP 芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置

技术领域

[0001] 本发明涉及低压滤波无功补偿，特别是基于 DSP 芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置。

背景技术

[0002] 滤波无功补偿装置主要功能是根据负载无功需求的变化，及时快速进行无功补偿，改善用户的功率因数，降低电耗，稳定母线电压，同时滤波器可滤除系统中谐波电流，改善电压波形畸变，可广泛应用于电力、冶金、煤矿、化工、轻工、建材、机械等行业中。滤波无功补偿装置中用晶闸管作为无触点投切开关实现无功补偿调谐电容器组的投切，可以连续频繁快速投切。目前在国内补偿装置中晶闸管无触点开关过零投切技术设计主要有以下几种：

[0003] 1. 通过光耦采用电压比较确定触发投切点

[0004] 过零触发投切单元采用光耦触发如（MOC3083 系列），当得到主控制器指令后通过采集晶闸管两端电压进行比较直接输出脉冲触发晶闸管 . 此种方式由于没有隔离措施（信号采集隔离和脉冲输出隔离），光耦的耐压特性较低（800V），在谐波背景下晶闸管很容易因谐波干扰脉冲信号误触发而引起失控。

[0005] 2. 采用相位控制捕捉投切点

[0006] 过零触发投切单元采用相位捕捉过零点技术，通过对同步信号采集，利用触发单元上的单片机对系统电压相位进行控制，当得到主控制器指令后在电压信号峰值点发出脉冲触发晶闸管，此种过零点投切控制由于受到晶闸管两端电压差异大小不同的影响，也无法实现过零投切，在频繁投切过程中由于涌流较大对晶闸管易造成冲击，容易损坏。

[0007] 对于上述晶闸管过零投切方案的滤波补偿装置都有不同程度的设计缺陷及应用场合限制，对滤波无功补偿装置快速补偿、安全稳定运行都会照成较大影响。

发明内容

[0008] 本发明为解决上述问题提供了一种双核系统控制的基于 DSP 芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置，可以有效避免滤波无功补偿装置受谐波干扰和投切过程中的电流涌流冲击等问题，实现安全稳定、准确、快速频繁投切，满足装置对电网系统提供稳定的无功功率补偿的要求。

[0009] 本发明的技术方案如下：

[0010] 基于 DSP 芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置，其特征在于：包括中央处理器控制模块、电参数测量采样模块、通信模块、显示模块、电源模块、触发模块，中央处理器控制模块设置于 CPU 主板上，中央处理器控制模块通过专用高速接口、高速数据采集端口 HSDC 和串行同步接口 SPI、数据总线接口 I2C 连接电参数测量采样模块，中央处理器控制模块通过串行异步通信接口 SCIB、增强型控制器局域网络 eCAN 接口与通讯模块进行通讯，中央处理器控制模块通过专用电源芯片 TPS73HD301 模块连接电源模块，中央处理器控制模

块通过脉宽调制模块 PWM 连接触发模块，中央处理器控制模块通过串行异步通信接口 SCIA 连接显示模块；所述中央处理器控制模块设置有 32 位浮点运算 DSP 芯片 TMS320F28335 和微处理器 DSP 芯片 ADE7878 形成双核系统。

[0011] 所述中央处理器控制模块采用 32 位浮点运算 DSP TMS320F28335 芯片，该芯片为美国德州仪器 TI 公司推出的 DSP 芯片，具有 150MHz 的高速处理能力，具备 32 位浮点处理单元，6 个直接存储器访问 DMA 通道支持模数转换器 ADC、多通道缓冲串行端口 McBSP 和外部存储器接口 EMIF，有多达 18 路的脉宽调制模块 PWM 输出，其中有 6 路为 TI 特有的更高精度的脉宽调制模块 HRPWM 输出接口，12 位 16 通道模数转换器 ADC。得益于其浮点运算单元，可快速编写控制算法而无需在处理小数操作上耗费过多的时间和精力，与前代 DSP 相比，平均性能提高 50%，并与定点 C28x 控制器软件兼容，从而简化软件开发，缩短开发周期，降低开发成本；它除具有数字信号处理能力，又具有强大的事件管理和嵌入式控制功能，特别适用于大批量数据处理的测控场合，如工业自动化控制、电力电子技术应用智能化仪器和仪表等。

[0012] 所述电参数测量采样模块包括晶闸管电压单元和被测系统的电压电流采样单元；晶闸管电压单元包括晶闸管电压采样电路、连接晶闸管电压采样电路的低通滤波电路，低通滤波电路连接调理运放电路，调理运放电路通过 ADC 连接至中央处理器控制模块；被测系统的电压电流采样单元包括被测系统的电压电流采样电路，通过专用芯片 ADE7878 采样电路连接至中央处理器控制模块的串行同步接口 SPI，同时采样电路与中央处理器控制模块通过数据总线接口 I2C 双向连接；所述电参数测量采样模块可以采用美国模拟半导体 ADI 公司的 ADE7878 集成谐波监控的多相多功能电能计量 IC 芯片为核心构成。

[0013] 所述电参数测量采样模块用于将系统电压、电流转换成各种电参数供中央处理器控制模块使用，主要提供系统电压、电流、频率、各相功率因数、总（基波和谐波）的有功、视在功率的有效值计算，以及基波的有功和无功功率有效值计算等。主 CPU 控制器通过专用高速接口、高速数据采集端口 HSDC 和串行同步接口 SPI 和数据总线接口 I2C 读取各项系统参数。

[0014] 所述通信模块配置有 MODBUS 协议、PROFIBUS 协议的 RS485 及 CAN 接口通讯，与远方上位机交换信息或接受上位机控制命令，满足接入各种 DCS 的通信要求。

[0015] 所述电源模块包括电源隔离变压器、电源芯片，电源连接至电源隔离变压器，电源隔离变压器连接至电源芯片，通过电源隔离变压器将电源降压后整流稳压滤波通过专用电源芯片再供给中央处理器控制模块使用，电源模块提供 +5V、+3.3V、+1.9V 等电压；所述电源隔离变压器初级次级绝缘在 3000V 以上，其抗电性能优于 GB/T15290 标准要求；所述电源芯片可以采用 TPS73HD301 芯片。

[0016] 所述触发模块采用脉宽调制模块 PWM，通过光耦、场效应管、脉冲隔离变压器（初级次级绝缘在 3000V 以上）将脉冲隔离放大后触发晶闸管。所述触发模块包括光耦、场效应管、脉冲隔离变压器（初级次级绝缘在 3000V 以上），中央处理器控制模块通过脉宽调制模块 PWM 连接到光耦，光耦连接场效应管，场效应管连接脉冲隔离变压器，脉冲隔离变压器将脉冲隔离放大后触发晶闸管。

[0017] 所有脉冲隔离变压器其基本原理与一般普通变压器（如电力变压器、电源变压器等）相同，但就磁芯的磁化过程这一点来看是有区别的：

[0018] (1) 脉冲隔离变压器是一个工作在暂态中的变压器，也就是说，脉冲过程在短暂的时间内发生，是一个顶部平滑的方波，而一般普通变压器是工作在连续不变的磁化中的，其交变信号是按正弦波形变化；

[0019] (2) 脉冲信号是重复周期，一定间隔的，且只有正极或负极的电压，而普通变压器交变信号是连续重复变化的，既有正的也有负的电压值。

[0020] 所述显示模块采用 4.3 寸及以上的液晶屏，从而确保显示效果，能够显示大量的系统参数，提供友好的人机界面；显示模块显示各种系统信息，和键盘一起构成控制仪的人机操作界面。

[0021] 本发明的原理如下：

[0022] 本发明采用采用数字信号处理器 TI 公司 32 位浮点运算 DSP 芯片 TMS320F28335 和 ADI 公司高精度采样微处理器 DSP 芯片 ADE7878 形成双核的中央处理器控制模块，该双核的中央处理器控制模块集合了全面的测量电压、电流、功率、电力质量分析、实时波形显示、故障报警、网络通讯等常用电力参数，将瞬时无功理论方法与快速傅里叶变换（FFT）相结合，高速分析系统中的电压和电流基波、谐波分量，实现对电网无功功率的实时跟踪和瞬时补偿，并能实现调谐电容器组谐波工况下的过零投切控制，同时滤波无功补偿装置控制器除具有多种记录统计、存储、删除、查阅功能外，同时还具有通用 MODBUS 协议、PROFIBUS 协议的 RS485 和 CAN 接口与本地 P C 机进行定值查询和配置数据，从而实现遥控、遥信、遥测、遥调等功能，实现自动智能投切，有效保证了设备安全运行和长期稳定可靠使用。动态无功补偿装置动态响应时间：小于 20ms，功率因数可提高到 0.95 以上；

[0023] 触发模块在双核的中央处理器控制模块上，中央处理器控制模块采用相位捕捉 + 电压比较控制策略，相位捕捉是通过对系统电压同步信号的采集，利用中央处理器对系统电压相位进行控制，快速捕捉电压信号峰值点；电压比较是通过采集晶闸管两端电压进行比较，当晶闸管两端电压比较为零时，在电压信号峰值点输出脉冲触发晶闸管。首先对采样信号（系统电压和晶闸管电压）进行有效隔离（耐压 3500V），对谐波进行低通滤波调理后将信号送到中央处理器 CPU （F28335）32 位浮点运算芯片上，通过中央处理器实时提取系统的电压波形并准确跟踪其相位，与此同时对系统电压和晶闸管电压进行比较，根据系统无功需求，依靠控制器对无功需求的计算和功率因数的计算，当需要发出无功补偿指令后利用芯片自身高速的运算处理速度，使得这两个影响到过零投切的因素在 CPU 芯片的高速运行中瞬间处理完成，当相位捕捉 + 电压比较条件同时满足时通过 CPU （F28335）芯片上自带的高精密 PWM 触发单元输出脉冲，并通过隔离放大触发回路（耐压 3500V）送到晶闸管上，这样就既能消除谐波的影响，又可对系统电压相位、系统电压和晶闸管电压比较进行精准、高速控制，有效避免了谐波干扰和投切过程中的电流涌流冲击等问题，就实现了滤波无功补偿装置快速过零投切。

[0024] 本发明的有益效果如下：

[0025] 1、本装置的具有过压、失压和过流保护；

[0026] 2、控制器电源采用全灌封隔离变压器，耐压 3000V；

[0027] 3、电流、电压输入回路通过互感器隔离，耐压 3000V；

[0028] 4、晶闸管触发模块使用脉冲变压器触发晶闸管，脉冲变压器的耐压是 3000V；

[0029] 5、控制器自身有短路保护；

[0030] 6、以上措施使得本装置具有很高的抑制各种谐波干扰作用，安全性、稳定性大大提高。

附图说明

[0031] 图 1 为本发明的结构示意图

[0032] 图 2 为本发明的电参数测量采样模块的结构示意图

[0033] 图 3 为本发明的通信模块的 CAN 电路的结构示意图

[0034] 图 4 为本发明的通信模块的 RS485 电路的结构示意图

[0035] 图 5 为本发明的电源模块的结构示意图

[0036] 图 6 为本发明的触发模块的结构示意图

[0037] 其中，附图标记为 ：1 中央处理器控制模块、2 电参数测量采样模块、3 通信模块、4 触发模块、5 电源模块、6 显示模块。

具体实施方式

[0038] 如图 1 所示，基于 DSP 芯片控制的过零投切滤波无功补偿装置，包括中央处理器控制模块 1、电参数测量采样模块 2、通信模块 3、电源模块 6、电源模块 5、触发模块 4，中央处理器控制模块 1 设置于 CPU 主板上，中央处理器控制模块 1 通过专用高速接口、高速数据采集端口 HSDC 和串行同步接口 SPI、数据总线接口 I2C 连接电参数测量采样模块 2，中央处理器控制模块 1 通过串行异步通信接口 SCIB、增强型控制器局域网络 eCAN 接口与通讯模块进行通讯，中央处理器控制模块 1 通过专用电源芯片 TPS73HD301 模块连接电源模块 5，中央处理器控制模块 1 通过脉宽调制电路 PWM 连接触发模块 4，中央处理器控制模块 1 通过串行异步通信接口 SCIA 连接电源模块 6 ；所述中央处理器控制模块 1 设置有 32 位浮点运算 DSP 芯片 TMS320F28335 和微处理器 DSP 芯片 ADE7878 形成双核系统。

[0039] 所述中央处理器控制模块 1 采用 32 位浮点运算 DSP TMS320F28335 芯片，该芯片为美国德州仪器 TI 公司推出的 DSP 芯片，具有 150MHz 的高速处理能力，具备 32 位浮点处理单元，6 个直接存储器访问 DMA 通道支持增强型模数转换器 ADC、多通道缓冲串行端口 McBSP 和外部存储器接口 EMIF，有多达 18 路的脉宽调制模块 PWM 输出，其中有 6 路为 TI 特有的更高精度的脉宽调制模块 HRPWM，12 位 16 通道增强型模数转换器 ADC。得益于其浮点运算单元，可快速编写控制算法而无需在处理小数操作上耗费过多的时间和精力，与前代 DSP 相比，平均性能提高 50%，并与定点 C28x 控制器软件兼容，从而简化软件开发，缩短开发周期，降低开发成本 ；它除具有数字信号处理能力，又具有强大的事件管理和嵌入式控制功能，特别适用于大批量数据处理的测控场合，如工业自动化控制、电力电子技术应用智能化仪器和仪表等。

[0040] 如图 2 所示，所述电参数测量采样模块 2 包括晶闸管电压单元和被测系统的电压电流采样单元 ；晶闸管电压单元包括晶闸管电压采样电路、连接晶闸管电压采样电路的低通滤波电路，低通滤波电路连接调理运放电路，调理运放电路通过增强型模数转换器 (ADC) 模块连接至中央处理器控制模块 1 ；被测系统的电压电流采样单元包括被测系统的电压电流采样电路，通过专用芯片 ADE7878 采样电路连接至中央处理器控制模块 1 的串行同步接口 SPI，同时采样电路与中央处理器控制模块 1 通过数据总线接口 I2C 双向连接 ；所述电参

数测量采样模块 2 可以采用 ADI 公司的 ADE7878 集成谐波监控的多相多功能电能计量 IC 芯片为核心构成。

[0041] 所述电参数测量采样模块 2 用于将系统电压、电流转换成各种电参数供中央处理器控制模块 1 使用，主要提供系统电压、电流、频率、各相功率因数、总(基波和谐波)的有功、视在功率的有效值计算，以及基波的有功和无功功率有效值计算等。主 CPU 控制器通过专用高速接口、高速数据采集端口 HSDC 和串行同步接口 SPI 和数据总线接口 I2C 读取各项系统参数。

[0042] 如图 3、4 所示，所述通信模块 3 配置有 MODBUS 协议、PROFIBUS 协议的 RS485 及 CAN 接口通讯，与远方上位机交换信息或接受上位机控制命令，满足接入各种 DCS 的通信要求。

[0043] 如图 5 所示，所述电源模块 5 包括隔离变压器、电源芯片，电源连接至电源隔离变压器，电源隔离变压器连接至电源芯片，通过电源隔离变压器将电源降压后整流稳压滤波通过专用电源芯片在供给中央处理器控制模块 1 使用，电源模块 5 提供 +5V、+3.3V、+1.9V 等电压；所述电源隔离变压器初级次级绝缘在 3000V 以上，其抗电性能优于 GB/T15290 标准要求；所述电源芯片可以采用 TPS73HD301 芯片。

[0044] 如图 6 所示，所述触发模块 4 采用 PWM，通过光耦、场效应管、脉冲隔离变压器(初级次级绝缘在 3000V 以上)将脉冲隔离放大后触发晶闸管。

[0045] 所述触发模块 4 包括光耦、场效应管、脉冲隔离变压器(初级次级绝缘在 3000V 以上)， 中央处理器控制模块 1 通过脉宽调制模块 PWM 连接到光耦，光耦连接场效应管，场效应管连接脉冲隔离变压器，脉冲隔离变压器将脉冲隔离放大后触发晶闸管。

[0046] 所有脉冲隔离变压器其基本原理与一般普通变压器（如电力变压器、电源变压器等）相同，但就磁芯的磁化过程这一点来看是有区别的：

[0047] (1) 脉冲隔离变压器是一个工作在暂态中的变压器，也就是说，脉冲过程在短暂的时间内发生，是一个顶部平滑的方波，而一般普通变压器是工作在连续不变的磁化中的，其交变信号是按正弦波形变化；

[0048] (2) 脉冲信号是重复周期，一定间隔的，且只有正极或负极的电压，而普通变压器交变信号是连续重复变化的，既有正的也有负的电压值。

[0049] 如图 1 所示，所述电源模块 6 采用 4.3 寸及以上的液晶屏，从而确保显示效果，能够显示大量的系统参数，提供友好的人机界面；电源模块 6 显示各种系统信息，和键盘一起构成控制仪的人机操作界面。

[0050] 本发明的原理如下：

[0051] 本发明采用采用数字信号处理器 TI 公司 32 位浮点运算 DSP 芯片 TMS320F28335 和 ADI 公司高精度采样微处理器 DSP 芯片 ADE7878 形成双核的中央处理器控制模块 1，该双核的中央处理器控制模块 1 集合了全面的测量电压、电流、功率、电力质量分析、实时波形显示、故障报警、网络通讯等常用电力参数，将瞬时无功理论方法与快速傅里叶变换(FFT)相结合，高速分析系统中的电压和电流基波、谐波分量，实现对电网无功功率的实时跟踪和瞬时补偿，并能实现调谐电容器组谐波工况下的过零投切控制，同时滤波无功补偿装置控制器除具有多种记录统计、存储、删除、查阅功能外，同时还具有通用 MODBUS 协议、PROFIBUS 协议的 RS485 和 CAN 接口与本地 P C 机进行定值查询和配置数据，从而实现遥控、遥信、遥

测、遥调等功能，实现自动智能投切，有效保证了设备安全运行和长期稳定可靠使用。动态无功补偿装置动态响应时间：小于 20ms，功率因数可提高到 0.95 以上；

[0052] 触发模块 4 在双核的中央处理器控制模块 1 上，中央处理器控制模块 1 采用相位捕捉 + 电压比较控制策略，相位捕捉是通过对系统电压同步信号的采集，利用中央处理器对系统电压相位进行控制，快速捕捉电压信号峰值点；电压比较是通过采集晶闸管两端电压进行比较，当晶闸管两端电压比较为零时，在电压信号峰值点输出脉冲触发晶闸管。

[0053] 首先对采样信号（系统电压和晶闸管电压）进行有效隔离（耐压 3500V），对谐波进行低通滤波调理后将信号送到中央处理器 CPU （F28335）32 位浮点运算芯片上，通过中央处理器实时提取系统的电压波形并准确跟踪其相位，与此同时对系统电压和晶闸管电压进行比较，根据系统无功需求，依靠控制器对无功需求的计算和功率因数的计算，当需要发出无功补偿指令后利用芯片自身高速的运算处理速度，使得这两个影响到过零投切的因素在 CPU 芯片的高速运行中瞬间处理完成，当相位捕捉 + 电压比较条件同时满足时通过 CPU（F28335）芯片上自带的高精密脉宽调制 PWM 触发单元输出脉冲，并通过隔离放大触发回路（耐压 3500V）送到晶闸管上，这样就既能消除谐波的影响，又可对系统电压相位、系统电压和晶闸管电压比较进行精准、高速控制，有效避免了谐波干扰和投切过程中的电流涌流冲击等问题，就实现了滤波无功补偿装置快速过零投切。

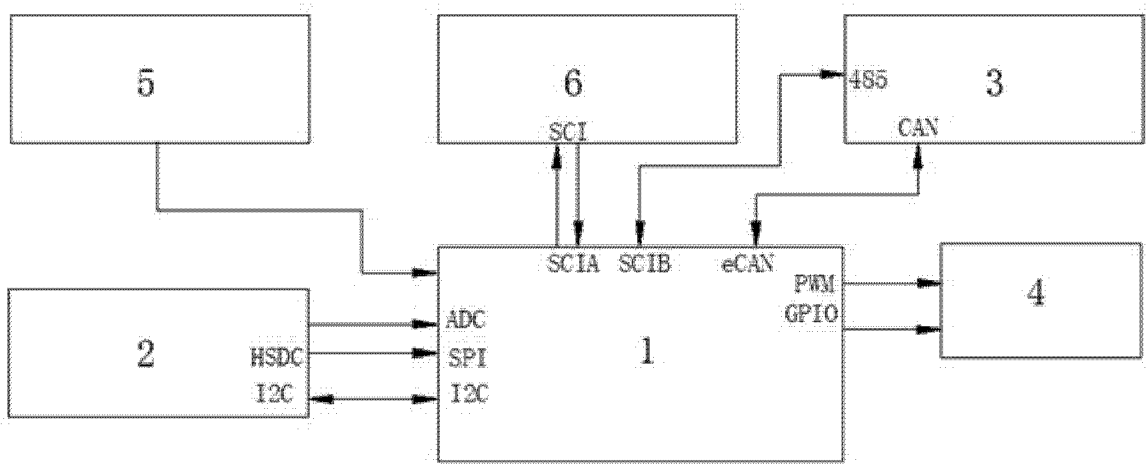

5
6
SCI
485
3
CAN
SCIA
SCIB
eCAN
PWM
GPIO
4
2
HSDC
I2C
ADC
SPI
I2C
1

图 1

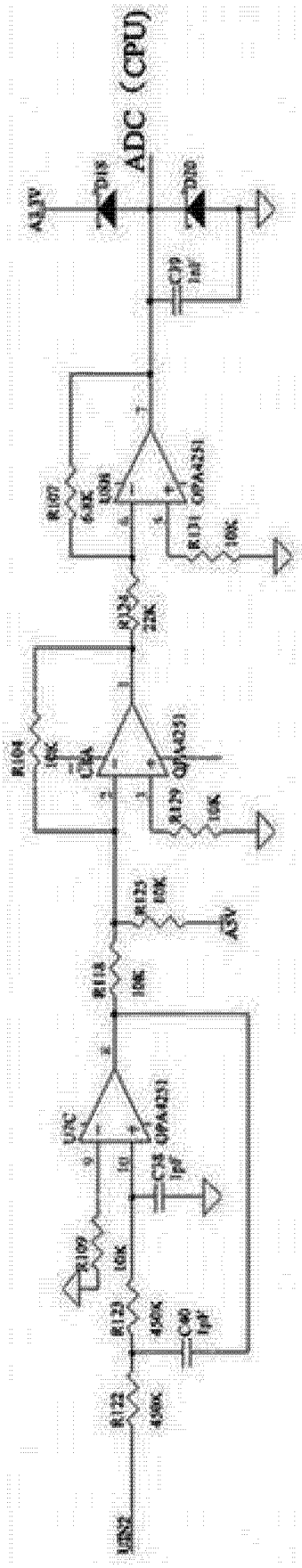

ADC (CPU)
A3.3V
D18
D20
C39
1nF
R107
6.8K
U8B
OPA4251
R131
10K
R124
22K
R104
10K
U8A
OPA4251
R129
10K
R125
10K
A3V
R118
10K
U8C
OPA4251
C38
1pF
R109
10K
R123
450K
C40
1pF
R122
450K
UIN2

图 2

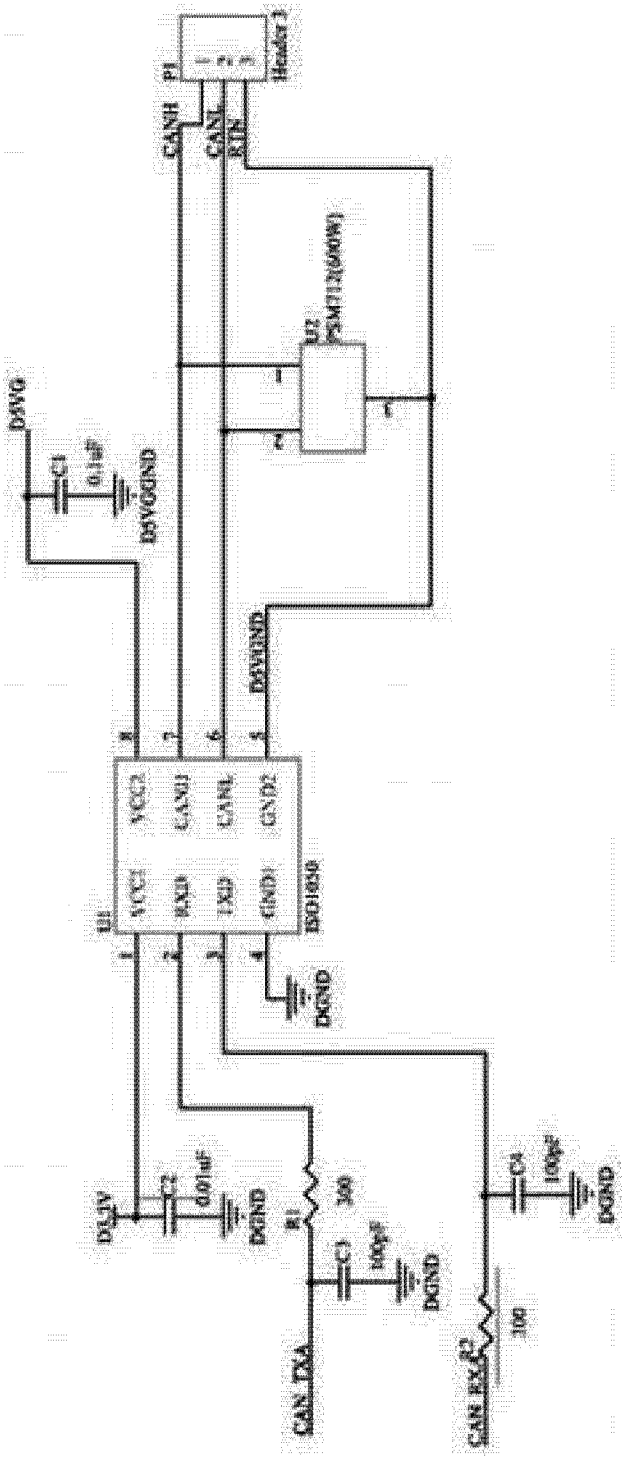

P1
Header 3
CANH
CANL
RIN
U2
PSM712(600W)
D5VG
C1
0.1uF
D5VGGND
D5VGND
U1
ISO1050
VCC2
GND2
VCC1
RXD
TXD
GND1
DGND
D3.3V
C2
0.01uF
DGND
R1
300
C3
100pF
DGND
CAN TXA
C4
100pF
DGND
R2
300
CAN RXA

图 3

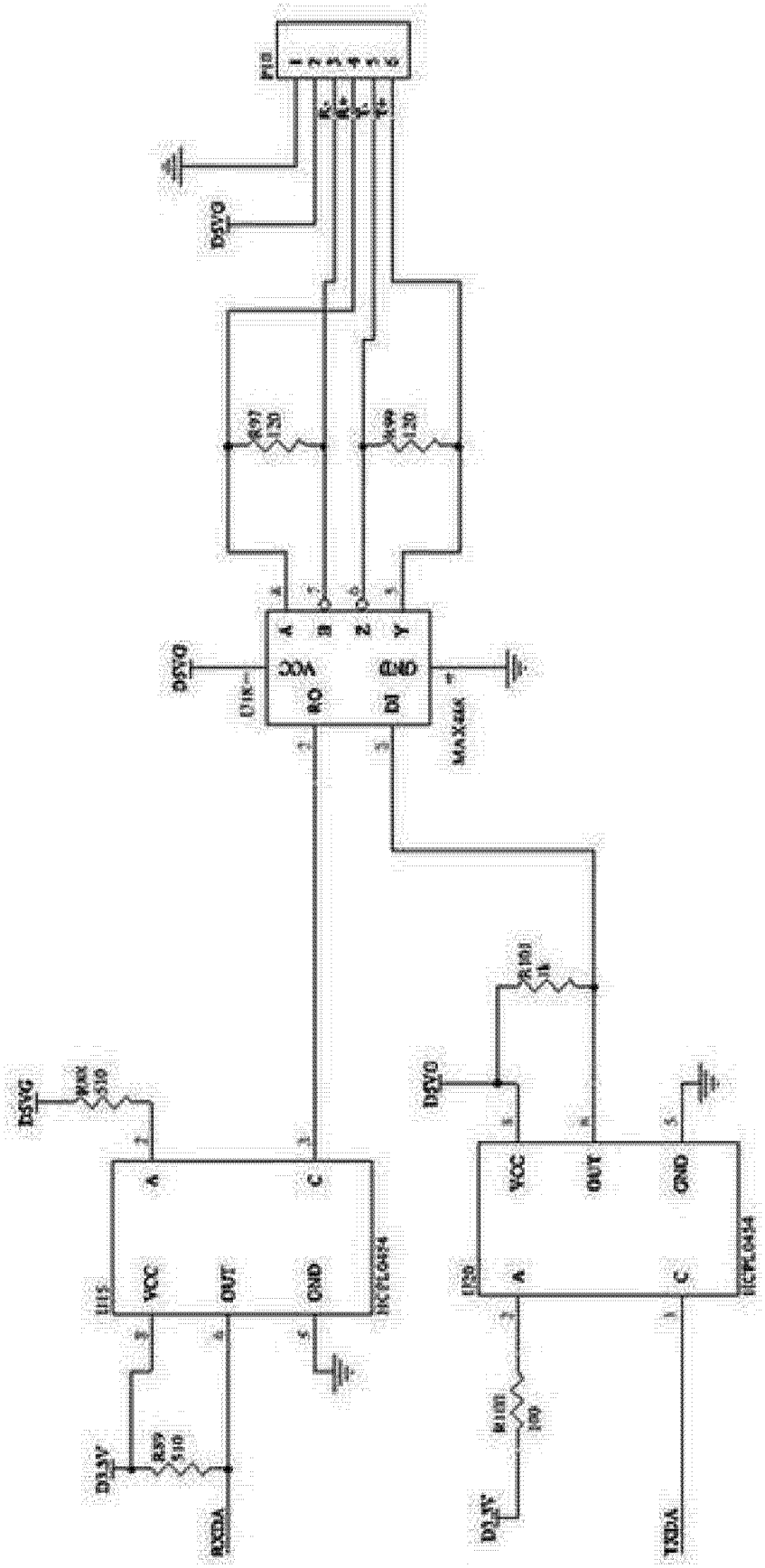

A
B
Z
Y
VCC
GND
RO
DI
MAX485
A
C
VCC
OUT
GND
A
C
VCC
OUT
GND
RXDA
TXDA

图 4

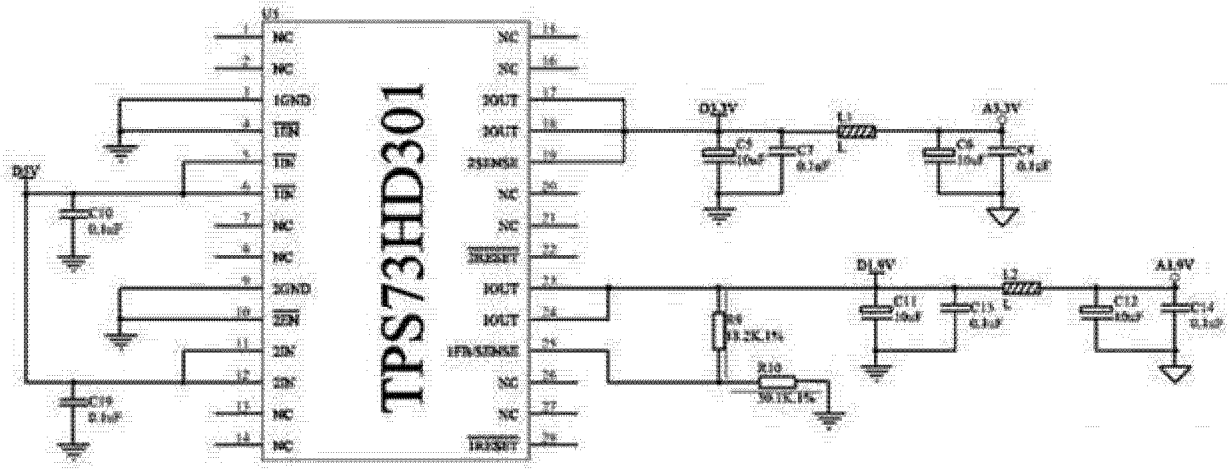

TPS73HD301
D5V
C10
0.1uF
C19
0.1uF
D1.2V
C5
10uF
C7
0.1uF
L1
A3.3V
C6
10uF
C8
0.1uF
D1.8V
C11
10uF
C13
0.1uF
L2
A1.8V
C12
10uF
C14
0.1uF
R9
13.2K,1%
R10
30.1K,1%

图 5

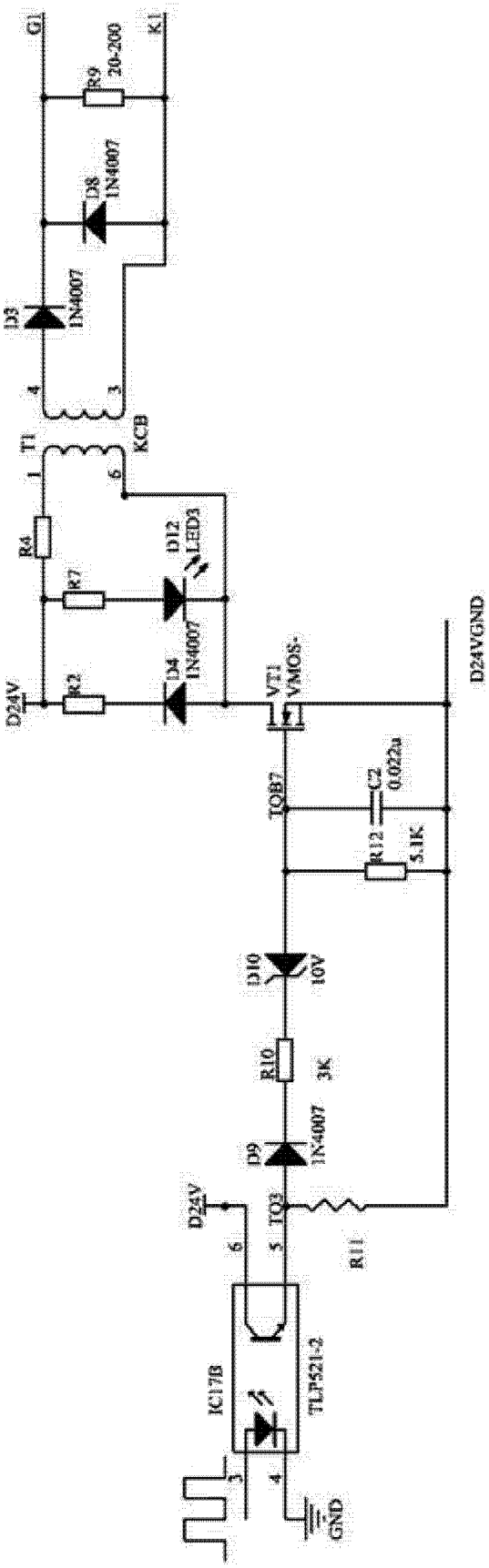

G1
K1
R9
20-200
D8
IN4007
D3
IN4007
4
3
T1
1
6
KCB
R4
D12
LED3
R7
D4
IN4007
D24V
R2
VT1
VMOS-
D24VGND
TQB7
C2
0.022u
R12
5.1K
D10
10V
R10
3K
D9
IN4007
D24V
TQ3
6
5
R11
IC17B
TLP521-2
3
4
GND

图 6