



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105842566 B

(45)授权公告日 2018.09.21

(21)申请号 201610333878.6

(22)申请日 2016.05.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105842566 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(73)专利权人 中国第一汽车股份有限公司
地址 130000 吉林省长春市西新经济技术
开发区东风大街2259号

(72)发明人 吕贵林 陈涛 刘时珍 李朴
于滢

(74)专利代理机构 北京青松知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 11384
代理人 郑青松 金凤华

(51)Int.Cl.
G01R 31/00(2006.01)

(56)对比文件

- CN 203025263 U, 2013.06.26,
 - CN 203720262 U, 2014.07.16,
 - CN 105182800 A, 2015.12.23,
 - CN 102809723 A, 2012.12.05,
 - RU 2577828 C1, 2016.03.20,
 - CN 105044513 A, 2015.11.11,
 - CN 204832341 U, 2015.12.02,
 - CN 104993886 A, 2015.10.21,
 - JP 特开2004-266385 A, 2004.09.24,
 - CN 202837415 U, 2013.03.27,
- 沈跃.线性网络幅频特性的自动测量.《实验室研究与探索》.2004,第23卷(第10期),第24-27页.

审查员 罗敏

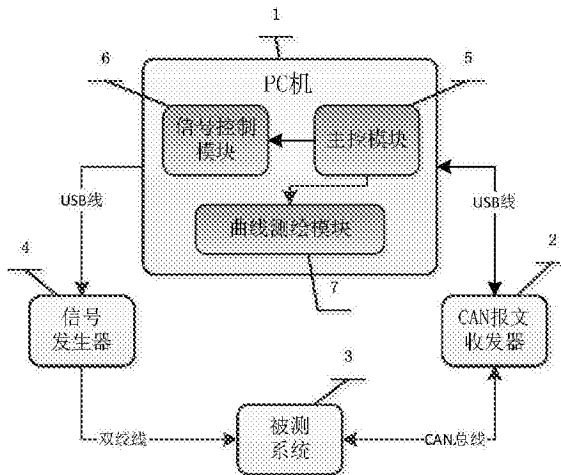
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

自动化测绘数字滤波器幅频特性曲线的系统及其测绘方法

(57)摘要

本发明提供了一种自动化测绘单片机系统中数字滤波器幅频特性曲线的系统,包括依次连接的PC机、CAN报文收发器、被测系统、信号发生器;所述PC机内部包括主控模块、信号控制模块和曲线测绘模块,PC机是所述三个软件模块的运行平台,并提供USB接口用于连接CAN报文收发器和信号发生器;所述被测系统和信号发生器通过双绞线进行连接;所述信号发生器和PC机通过USB线进行连接。本发明提出的自动化系统可以在全数字系统中实现,即在工程应用中,可以在原有的单片机系统中增加软件测试语句,通过计算输入信号的理论结果以及检测系统的实际结果,系统自动测绘出对应的幅频特性曲线,不需要增加额外的硬件成本或者设备成本。



1. 一种自动化测绘单片机系统中数字滤波器幅频特性曲线的系统,其特征在于:

包括依次连接的PC机(1)、CAN报文收发器(2)、被测系统(3)、信号发生器(4);

所述PC机(1)内部包括主控模块(5)、信号控制模块(6)和曲线测绘模块(7),PC机(1)是以上三个模块的运行平台,并提供USB接口用于连接CAN报文收发器(2)和信号发生器(4);

所述PC机(1)和CAN报文收发器(2)通过USB线进行连接;所述CAN报文收发器(2)和被测系统(3)通过CAN总线连接;所述被测系统(3)和信号发生器(4)通过双绞线进行连接;所述信号发生器(4)和PC机(1)通过USB线进行连接;

所述被测系统(3)中包含待测数字滤波器、CAN通信接口、CAN报文收发程序及命令响应程序;主要用于对输入信号进行滤波,得到实际滤波结果并将结果发送到CAN总线、接收主控模块(5)的控制命令后修改待测数字滤波器的系数,修改过程如下:被测系统(3)中的命令响应程序在接收到主控模块(5)的控制命令后,从控制命令中提取中心频率、品质因子Q参数,然后运行查表算法,根据中心频率、品质因子Q查得数字滤波器对应的系数,并将系数写入数字滤波器的系数存储区。

2. 根据权利要求1所述的一种自动化测绘单片机系统中数字滤波器幅频特性曲线的系统,其特征在于:

所述CAN报文收发器(2)主要用于接收主控模块(5)的控制命令,并将控制命令通过CAN总线发送给被测系统(3)、接收被测系统(3)的实际滤波结果,并将实际滤波结果通过USB线发送给主控模块(5)。

3. 根据权利要求1所述的一种自动化测绘单片机系统中数字滤波器幅频特性曲线的系统,其特征在于:

所述信号发生器(4)接收信号控制模块(6)的控制参数,根据控制参数生成所需频率、幅值的正弦信号,并通过双绞线将所需频率、幅值的正弦信号发送给被测系统(3)。

4. 根据权利要求1所述的一种自动化测绘单片机系统中数字滤波器幅频特性曲线的系统,其特征在于:

所述主控模块(5)用于自动化测绘的总体控制,包括系统初始化、计算当前频率信号滤波前的理论结果、通过USB线将控制命令发送给CAN报文收发器(2)、接收来自CAN报文收发器(2)的实际结果并进行解析记录、在每次接收到实际结果后触发信号控制模块(6)控制信号发生器(4)改变信号频率、在全部实际结果记录完毕后触发曲线测绘模块(7)绘制幅频特性曲线。

5. 根据权利要求1所述的一种自动化测绘单片机系统中数字滤波器幅频特性曲线的系统,其特征在于:

所述信号控制模块(6)在接收到主控模块(5)的触发后通过USB线控制信号发生器(4)发出特定频率和幅值的正弦波。

6. 根据权利要求5所述的一种自动化测绘单片机系统中数字滤波器幅频特性曲线的系统,其特征在于:

所述曲线测绘模块(7)在接收到主控模块(5)的触发后根据存储的数据绘制幅频特性曲线,并将曲线以图片形式进行保存。

7. 根据权利要求1所述的一种自动化测绘单片机系统中数字滤波器幅频特性曲线的系统的测绘步骤,其特征在于,

包括下述步骤：

- (1) 主控模块 (5) 对系统进行初始化；
- (2) 主控模块 (5) 判断被测系统 (3) 的数字滤波器是否为可变数字滤波器，如果是则执行步骤3，否则执行步骤4；
- (3) 主控模块 (5) 通过CAN报文收发器 (2) 控制被测系统 (3) 设置可变滤波器的滤波器系数；
- (4) 主控模块 (5) 设置当前信号的频率为扫频初始频率；
- (5) 信号控制模块 (6) 设置信号发生器 (4) 的频率和幅值；
- (6) 等待被测系统 (3) 中数字滤波器完成滤波，之后获得实际滤波结果，并将滤波结果通过CAN报文收发器 (2) 发送至主控模块 (5)；
- (7) 主控模块 (5) 存储实际滤波结果并计算理论结果；
- (8) 信号频率递增一个步长频率；
- (9) 判断信号频率是否超过终止频率，如果超过则执行步骤10，否则执行步骤5；
- (10) 主控模块 (5) 通知曲线测绘模块 (7) 开始绘制当前特性曲线；
- (11) 曲线测绘模块 (7) 绘制当前幅频特性曲线；
- (12) 主控模块 (5) 判断所有幅频特性曲线是否绘制完毕，如果没有则返回执行步骤3，否则自动化测绘结束。

自动化测绘数字滤波器幅频特性曲线的系统及其测绘方法

技术领域

[0001] 本发明属自动化分析及测量控制技术领域,涉及一种自动化测绘数字滤波器幅频特性曲线的系统及其测绘方法。

背景技术

[0002] 数字滤波器和模拟滤波器相似,可分为低通、高通、带通和带阻等形式。传统模拟滤波器主要靠硬件实现,包括电阻、电容和电感等元器件,而数字滤波器在硬件上主要涉及A/D转换器、D/A转换器、寄存器、存储器及微处理器等。数字滤波器还可以通过编程用软件算法来实现。

[0003] 滤波器的频率响应特性是分析滤波器性能和稳定性的重要手段之一,也是滤波器理论的核心分析方法。频率响应特性包括幅值响应和相位响应,反映在曲线上,就是幅频特性曲线和相频特性曲线。滤波器的幅频特性曲线在滤波器的设计、模拟、实现和验证阶段都起着极其重要的作用。

[0004] 现有技术中绘制滤波器的幅频特性曲线一般有以下几种方案:

[0005] a) 通过数学建模获得滤波器的传递函数来分析。这种方案一般在滤波器设计阶段用来分析理想情况下的幅频特性,当滤波器在单片机中实现后,其数学模型和传递函数很难精确获得,因此方案a不适用于实际工程应用;

[0006] b) 购买幅频特性测试仪,通过仪器扫频的方式来获得系统的幅频特性曲线。这种方案价格昂贵、体积庞大、操作不便,最主要的是,目前市面上的幅频特性测试仪主要针对硬件模拟滤波器设计,无法测得单片机系统中的数字滤波器的幅频特性;

[0007] c) 通过正弦波扫频实验的方式近似测得滤波器的幅频特性曲线。这种方案通过开关及旋钮用手工的方法逐点测量,效率低、易出错,而且很难获得幅频特性曲线的全部细节,难以在实际工程应用中推广。

[0008] 专利文献1(CN202837415U)中公开了一种幅频特性测试系统,包括依次连接的激励信号发生器、交流恒流电路、被测网络、信号峰值检测电路、微处理器、人机界面。被测网络输出的信号通过信号峰值检测电路检测出与信号幅度峰值相关的信号,并通过微处理器接收处理、计算,测量出当前频率的幅频特性。通过微处理器的循环控制,完成幅频特性曲线的自动绘制。

[0009] 专利文献2(CN201220680023.8)中公开了一种便携式幅频特性测试仪,包括单片机控制模块、扫频信号源、电压测量模块和显示屏。其中电压测量模块用于测量被测网络输出的交流信号。被测网络的交流信号经过专用芯片的电压跟随后,由AD637芯片转换成具有有效值的直流信号,传输给单片机的输入端口进行电压采集,存储在单片机中,然后将结果显示在显示屏上。

[0010] 专利文献3(CN201410145831.8)公开了一种获取滤波器幅频响应特性的方法,包括步骤1:采集滤波器系统、频率点集;2:对滤波器进行幅频响应计算;3:滤波器输出相应的幅值到设备。本发明提供的用于滤波器幅频响应特性的方法,通过对滤波器的系统函数,运

用了Z平面上单位元的数字频率的关系,推导出滤波器的幅频响应计算方法。

[0011] 专利文献4(CN201510645735.4)公开了一种幅频特性曲线的绘制方法,这种方法一次输入合成的激励源信号,以及测得的输出信号,就可以通过计算得到幅频特性曲线。另外,本发明提出的测试方法可以在全数字系统中实现,即在工程应用中,可以在原有的硬件平台上增加相应的软件程序,通过输入合成的激励源以及检测系统输出就可以通过软件测得系统的幅频特性曲线。

[0012] 对于专利文献1、专利文献2的系统均可以适用于实际工程应用,但是系统中都包含了滤波器输出信号的测量装置,也就是说这两套系统仅仅能够适用于硬件模拟滤波器的幅频特性曲线绘制,而当面对全数字滤波器应用时,这两套系统则无法测量出全数字滤波器的滤波结果,导致幅频特性曲线无法绘制。

[0013] 专利文献3的方法根据滤波器理论和实际采集的数据推导出滤波器的幅频响应计算方法,并不能反映实际工程应用中的数字滤波器的幅频特性。

[0014] 专利文献4中的方法是一次性输入合成信号,根据理论计算值和实际测量值比较得到幅频特性曲线,此系统也可以运用在全数字的滤波器系统中。但是,此系统中提及的信号合成步骤并没有实际的硬件装置,实际工程应用中也很难获得,发明者在系统验证阶段不得不采用Matlab建模的方式。所以此方法很难推广到实际的工程应用当中。

[0015] 专利文献1、专利文献2、专利文献3和专利文献4均没有考虑可变滤波器幅频特性曲线测量的需求,因此,如果被测系统需要测量可变滤波器的所有幅频特性曲线,上述四种方法都需要手工切换和记录,导致测试效率急剧下降。

发明内容

[0016] 本发明要解决的技术问题是,克服上述方案的缺陷,提供一种能够适用于单片机系统中数字滤波器、测试效率高的幅频特性曲线的测绘系统,此测绘系统对工程中的可变数字滤波器依然适用。

[0017] 为解决上述技术问题,本发明提供一种自动化测绘单片机系统中数字滤波器幅频特性曲线的系统,包括依次连接的PC机1、CAN报文收发器2、被测系统3、信号发生器4;

[0018] 所述PC机1内部包括主控模块5、信号控制模块6和曲线测绘模块7,PC机1是所述三个软件模块的运行平台,并提供USB接口用于连接CAN报文收发器2和信号发生器4;

[0019] 所述PC机1和CAN报文收发器2通过USB线进行连接;所述CAN报文收发器2和被测系统3通过CAN总线连接;所述被测系统3和信号发生器4通过双绞线进行连接;所述信号发生器4和PC机1通过USB线进行连接;

[0020] 所述CAN报文收发器2主要用于接收主控模块5的控制命令,并将控制命令通过CAN总线发送给被测系统3、接收被测系统3的实际滤波结果,并将实际滤波结果通过USB线发送给主控模块5;

[0021] 所述被测系统3中包含待测数字滤波器、CAN通信接口、CAN报文收发程序及命令响应程序;主要用于对输入信号进行滤波,得到实际滤波结果并将结果发送到CAN总线、接收主控模块5的控制命令后修改待测数字滤波器的参数;所述参数包括中心频率、品质因子Q;

[0022] 所述信号发生器4接收信号控制模块6的控制参数,根据控制参数生成所需频率、幅值的正弦信号,并通过双绞线将所需频率、幅值的正弦信号发送给被测系统3;

[0023] 上述所需频率在扫频的初始频率和终止频率范围内;初始频率最低可以设置为0.1HZ,精度为0.1HZ,终止频率为被测系统3中的ADC采样频率的一半;若被测系统中3中的ADC采样频率为100KHZ,则扫频的终止频率为50KHZ;上述所需幅值的范围为0~10V,精度为1mv;

[0024] 所述主控模块5用于自动化测绘的总体控制,包括系统初始化、计算当前频率信号滤波前的理论结果、通过USB线将控制命令发送给CAN报文收发器2、接收来自CAN报文收发器2的实际结果并进行解析记录、在每次接收到实际结果后触发信号控制模块6控制信号发生器4改变信号频率、在全部实际结果记录完毕后触发曲线测绘模块7绘制幅频特性曲线;

[0025] 所述信号控制模块6在接收到主控模块5的触发后通过USB线控制信号发生器4发出所需频率和幅值的正弦波;

[0026] 所述曲线测绘模块7在接收到主控模块5的触发后根据存储的数据绘制幅频特性曲线,并将曲线以图片的形式进行保存。

[0027] 所述的一种自动化测绘单片机系统中数字滤波器幅频特性曲线的系统的测绘步骤,包括下述步骤:

[0028] (1) 主控模块5对系统进行初始化;

[0029] (2) 主控模块5判断被测系统3的数字滤波器是否为可变数字滤波器,如果是则执行步骤3,否则执行步骤4;

[0030] (3) 主控模块5通过CAN报文收发器2控制被测系统3设置可变滤波器的滤波器系数;

[0031] (4) 主控模块5设置当前信号的频率为扫频初始频率;

[0032] (5) 信号控制模块6设置信号发生器4的频率和幅值;

[0033] (6) 等待被测系统3中数字滤波器完成滤波,之后获得实际滤波结果,并将滤波结果通过CAN报文收发器2发送至主控模块5;

[0034] (7) 主控模块5存储实际滤波结果并计算理论结果;

[0035] (8) 信号频率递增一个步长频率;

[0036] (9) 判断信号频率是否超过终止频率,如果超过则执行步骤(10),否则执行步骤(5);

[0037] (10) 主控模块5通知曲线测绘模块7开始绘制当前特性曲线;

[0038] (11) 曲线测绘模块7绘制当前幅频特性曲线;

[0039] (12) 主控模块5判断所有幅频特性曲线是否绘制完毕,如果没有则返回执行步骤(3),否则自动化测绘结束。

[0040] 使用上述系统后,只要在主控模块5中设置信号扫频的初始频率、终止频率、频率步长参数,系统就可以自动化绘制出数字滤波器的幅频特性曲线,而对于可变数字滤波器,系统能够一次性测绘出对应的多组幅频特性曲线。由于整个过程由主控模块5进行控制,没有手工操作的介入,使得整个测绘时间大幅缩短,极大的提高了测量效率和准确率。

[0041] 另外,本发明提出的自动化系统可以在全数字系统中实现,即在工程应用中,可以在原有的单片机系统中增加软件测试语句,通过计算输入信号的理论结果以及检测系统的实际结果,系统自动测绘出对应的幅频特性曲线,不需要增加额外的硬件成本或者设备成本。总而言之,原来成本高且费时费力的幅频特性曲线绘制工作可以通过本发明系统实现

全数字的自动化测绘,实际工程应用价值很高。

附图说明

[0042] 图1为本发明自动化测试系统的系统构成图;

[0043] 图2为本发明自动化测试系统的软件流程图。

[0044] (附图符号标记)

[0045] 1-PC机、2-CAN报文收发器、3-被测系统、4-信号发生器、5-主控模块、6-信号控制模块、7-曲线测绘模块

具体实施方案

[0046] 下面结合附图和具体实施方式对本发明系统做进一步详细说明:

[0047] 本发明的基本思想是利用软件自动化控制技术控制正弦波扫频实验的各个步骤,消除手工操作,以实现高效率的绘制滤波器幅频特性曲线。

[0048] 本实施例的系统框图如附图1所示,一种自动化测绘数字滤波器幅频特性曲线的系统,包括PC机1、CAN报文收发器2、被测系统3和信号发生器4;PC机1内部包括三个软件模块:主控模块5、信号控制模块6和曲线测绘模块7;PC机1和CAN报文收发器2通过USB线进行双向连接,CAN报文收发器2和被测系统3通过CAN总线进行双向连接,被测系统3和信号发生器4通过双绞线进行单向连接,信号发生器4和PC机1通过USB线进行单向连接;

[0049] 本实施例中各组件的功能如附图1所示,PC机1是主控模块5、信号控制模块6和曲线测绘模块7的运行平台,并提供USB接口和CAN报文收发器2、信号发生器4连接;

[0050] CAN报文收发器2接收主控模块5的控制命令,并将控制命令通过CAN总线发送给被测系统3,同时通过CAN总线接收被测系统3的滤波结果,并将结果通过USB线发送给主控模块5;

[0051] 被测系统3包括数字滤波器、CAN通信接口、CAN报文收发程序,对输入信号完成滤波得到实际滤波结果,然后通过CAN总线将结果发送给CAN报文收发器2,通过CAN总线接收控制命令,以调整数字滤波器的系数,参数包括中心频率、滤波器品质因子Q;

[0052] 信号发生器4通过USB线获得信号的频率、幅值参数,并通过双绞线将生成的信号发送给被测系统3;

[0053] 主控模块5负责全局控制,包括系统初始化、设置被测系统3的滤波器参数、设置信号发生器4的信号频率和幅值、控制曲线测绘模块7完成曲线绘制;

[0054] 信号控制模块6主要用于设置信号发生器4的正弦波频率、幅值;

[0055] 曲线测绘模块7根据主控模块5记录的理论结果和实际结果进行幅频特性曲线的绘制;

[0056] 本实施例的具体操作步骤如附图2所示,包括以下步骤:

[0057] 步骤1:主控模块对系统进行初始化(11),包括重置CAN报文收发器2的工作状态、重置信号控制模块6工作状态、重置曲线测绘模块7工作状态;设置信号扫频的初始频率、终止频率、步长频率以及信号幅值;设置被测系统3中数字滤波器的类型;

[0058] 步骤1中所述初始频率、终止频率、步长频率的精度均为为0.1HZ,信号幅值的精度为1mv;步骤1中所述的终止频率由被测系统3中ADC采样频率的一半;若被测系统3中的ADC

采样频率为100KHZ,则终止频率为50KHZ;

[0059] 步骤2:判断被测系统的数字滤波器是否为可变数字滤波器(12),如果是则执行步骤3(13),否则执行步骤4(14);

[0060] 步骤3:主控模块通过CAN报文收发器控制被测系统设置可变滤波器的滤波器参数(13),主控模块5选取可变滤波器的参数值,通过USB线将参数值发送给CAN报文收发器2;CAN报文收发器2将参数通过CAN总线发送给被测系统3;被测系统3接收到参数值后,运行查表算法,根据参数查得数字滤波器对应的系数,并将系数赋值到数字滤波器对应的RAM区域中;

[0061] 步骤4:主控各模块设置当前信号的频率的值为信号扫频初始频率(14),同时设置当前信号的幅值为信号扫频初始幅值;信号频率及幅值的设置方法如下:信号发生器使用安捷伦的33522A,其支持标准的SICL语言(Standard Instrument Control Language),提供了设置频率和幅值的接口函数。主控模块中集成了设置频率和幅值的接口函数,在需要设置信号发生器频率或者函数时,调用相关接口函数即可;

[0062] 步骤5:主控模块触发信号控制模块设置信号发生器的实际频率(15),主控模块5通过USB线将正弦信号的频率、幅值参数发送给信号发生器4,信号发生器4根据频率、幅值参数生成相应的正弦信号,并通过双绞线将正弦信号发送给被测系统3;

[0063] 步骤6:数字滤波器完成滤波并获得实际滤波结果(16),数字滤波器在完成信号滤波后触发CAN报文发送程序;

[0064] 步骤7:被测系统通过CAN收发器将实际滤波结果发送至主控模块(17),被测系统3中的CAN报文发送程序将滤波器的实际滤波结果通过CAN总线发送给CAN报文收发器2,CAN报文收发器2将实际滤波器结果通过USB线传输至主控模块5;

[0065] 步骤8:主控模块存储实际滤波结果并计算理论结果(18),主控模块5通过USB线接收到实际滤波结果,并通过计算获得当前频率信号对应的理论结果,将理论结果和实际结果同时存入结果缓存区;

[0066] 上述理论结果的计算公式如下:设标准正弦波的函数形式为 $y=A \sin(\omega t)$,其中A为正弦信号幅值, ω 为信号角频率;则一个正弦波周期内所对应的能量值为:

$$E_0 = \int_0^{2\pi} A \sin(\omega t) dt = 2A \int_0^{\pi} \sin(\omega t) dt = \frac{-2A}{\omega} \cos(\omega t) \Big|_0^{\pi} = \frac{4A}{\omega};$$

若信号采样窗口对应的时间为t,则采样窗口内的正弦波个数N为: $N = \frac{t}{T} = \frac{t}{\frac{2\pi}{\omega}} = \frac{t\omega}{2\pi}$; 则窗口内对应的理论总能量值为:

$$E_{REF} = NE_0 = \frac{t\omega}{2\pi} * \frac{4A}{\omega} = \frac{2At}{\pi};$$

[0067] 步骤9:信号频率递增一个步长频率(19);

[0068] 步骤10:判断信号频率是否达到终止频率(20),如果当前信号频率超过终止频率,则执行步骤11,否则返回执行步骤5;

[0069] 上述扫频的终止频率为被测系统中的ADC采样频率的一半;

[0070] 步骤11:主控模块通知曲线测绘模块开始绘制当前特性曲线(21),扫频达到终止频率,绘制当前特性曲线所需的结果全部存储完毕,主控模块5通知曲线测绘模块7扫频结束;

[0071] 步骤12:曲线测绘模块根据理论结果和实际结果绘制幅频特性曲线(22),曲线测绘模块7使用缓存区中的理论结果和实际结果绘制滤波器幅频特性曲线;

[0072] 步骤13:判断所有的特性曲线是否绘制完毕(23),如果被测系统3中的数字滤波器为可变滤波器,且滤波器参数没有遍历完毕,需要绘制下一组参数对应的数字滤波器特性曲线,则返回执行步骤3,否则自动化测绘结束。

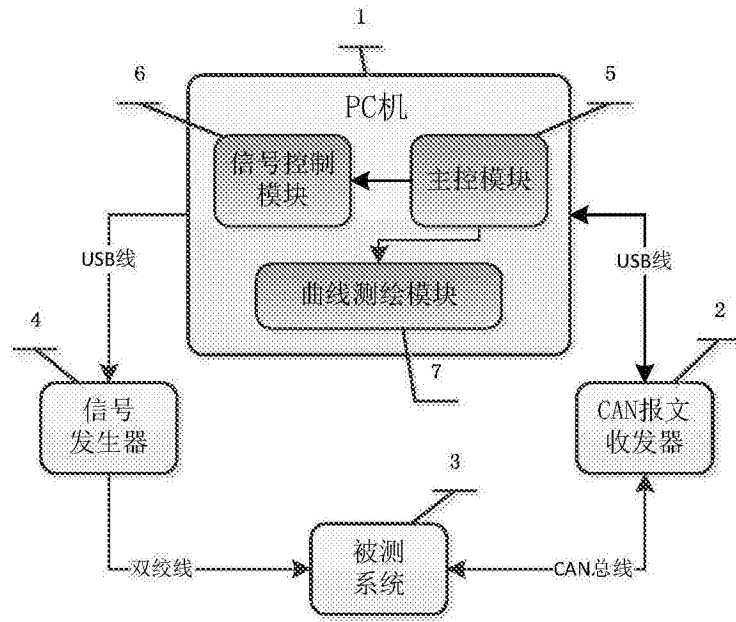


图1

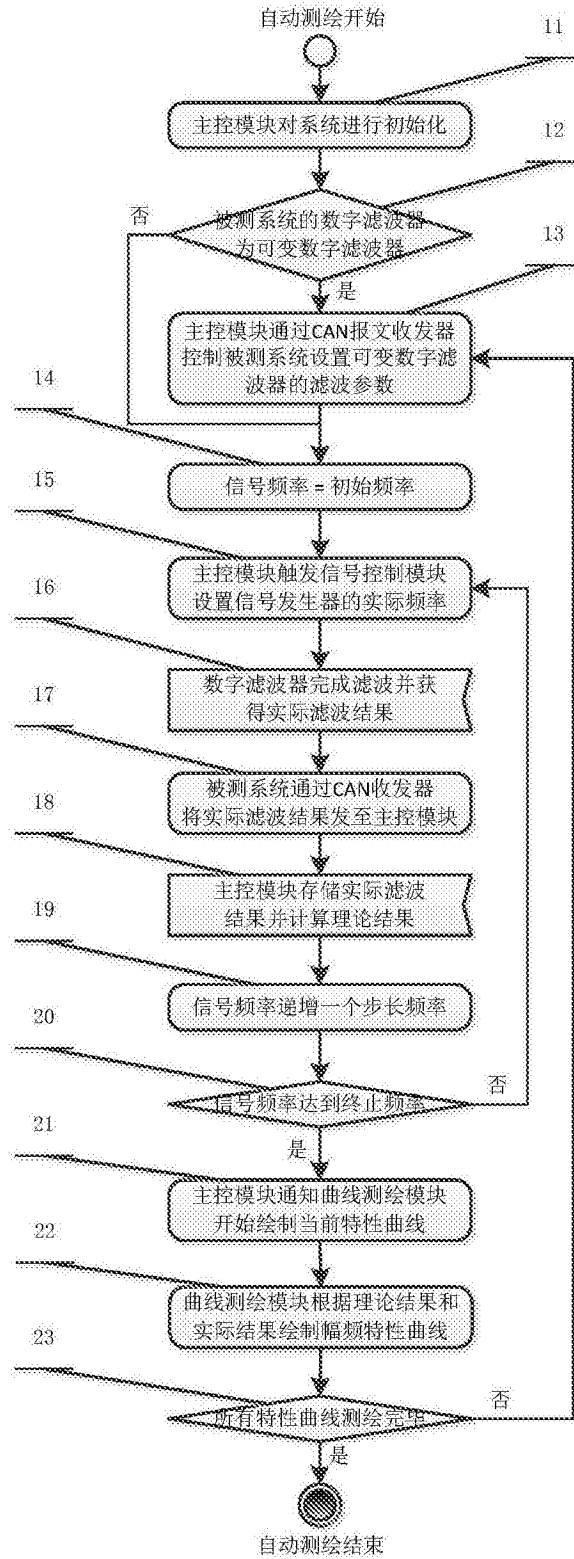


图2