



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118837726 A

(43) 申请公布日 2024. 10. 25

(21) 申请号 202411310362.0

(22) 申请日 2024.09.20

(71) 申请人 绍兴圆方半导体有限公司

地址 312035 浙江省绍兴市越城区皋埠街  
道银桥路326号3号楼2层203、204、206  
室

(72) 发明人 朱炯 方泽莉

(74) 专利代理机构 深圳市嘉勤知识产权代理有  
限公司 44651

专利代理师 范伟民

(51) Int. Cl.

G01R 31/28 (2006.01)

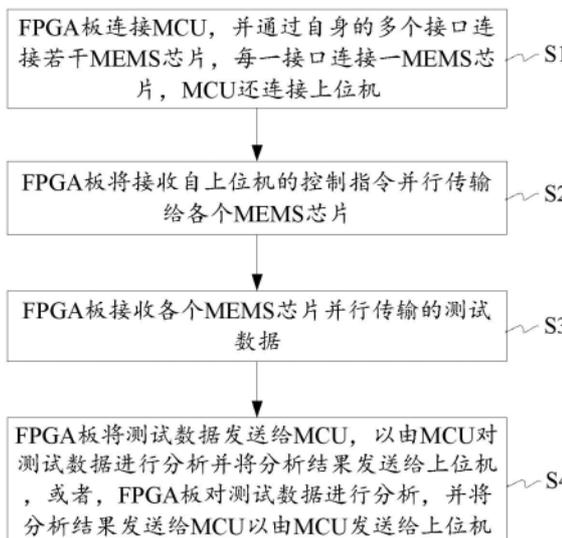
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

## (54) 发明名称

MEMS芯片的测试方法及系统、存储介质

## (57) 摘要

本申请提出一种MEMS芯片的测试方法及系统、存储介质。该方法包括：FPGA板连接MCU，并通过自身的多个接口连接若干MEMS芯片，每一接口连接一MEMS芯片，MCU还连接上位机；FPGA板将接收自上位机的控制指令并行传输给各个MEMS芯片；FPGA板接收各个MEMS芯片并行传输的测试数据；FPGA板将测试数据发送给MCU，以由MCU对测试数据进行分析并将分析结果发送给上位机，或者，FPGA板对测试数据进行分析，并将分析结果发送给MCU以由MCU发送给上位机。本申请可以降低芯片测试时间，提高测试效率，还可以根据各个MEMS芯片的差异实现针对性自动校准。



1. 一种MEMS芯片的测试方法,其特征在于,所述MEMS芯片用于控制惯性测量单元IMU或陀螺仪的多个轴,所述方法包括:

FPGA板连接MCU,并通过自身的多个接口连接若干MEMS芯片,每一接口连接一MEMS芯片,所述MCU还连接上位机;

所述FPGA板将接收自上位机的控制指令并行传输给各个MEMS芯片;

所述FPGA板接收各个MEMS芯片并行传输的测试数据;

所述FPGA板将所述测试数据发送给MCU,以由所述MCU对所述测试数据进行分析并将分析结果发送给上位机,或者,所述FPGA板对所述测试数据进行分析,并将分析结果发送给MCU以由所述MCU发送给上位机。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,各个MEMS芯片设置于所述FPGA板上;所述方法还包括:

所述FPGA板设置温度传感器以检测各个MEMS芯片的当前温度;

所述FPGA板将所述当前温度发送给MCU,以由所述MCU判断是否达到预设温度、并在确定所述当前温度达到所述预设温度时产生触发指令;

所述FPGA板响应于从所述MCU接收到所述触发指令,执行所述将从上位机接收的控制指令并行传输给各个MEMS芯片的步骤。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

所述FPGA板采集各个MEMS芯片上电时并行传输的模拟信号;

所述FPGA板将采集的模拟信号模数转换为数字信号;

所述FPGA板根据所述数字信号对各个MEMS芯片进行校准。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述测试数据为对所述IMU或陀螺仪的各个轴在若干参数位点进行测试得到;

所述FPGA板根据所述数字信号对各个MEMS芯片进行校准,包括:

对于相邻两个所述参数位点,在对后一参数位点输出模拟信号之前,根据前一参数位点产生的数字信号完成对应MEMS芯片的校准。

5. 根据权利要求1至4任一项所述的方法,其特征在于,所述测试数据表现为封装包,所述封装包包括数据头、数据类型、来源编号、数据长度及数据内容,所述来源编号表示所述测试数据来自的MEMS芯片;

所述方法还包括:

所述FPGA板从所述测试数据中获取各轴的数据;

对获取到数据的每一轴创建一存储队列,并存储对应的数据;

根据所述来源编号和所述存储队列的数量,判断是否接收到全部MEMS芯片的测试数据;以及,若是,则确定完成所述测试数据的采集。

6. 根据权利要求1至4任一项所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

S11:将所述多个接口相连,选取其中一MEMS芯片发出包含自身标识和存储队列数量的一询问包,其中,所述存储队列为从所述测试数据中获取到对应各轴的数据时创建,且每一轴创建一存储队列;

S12:剩余MEMS芯片接收到所述询问包后,将各自当前的存储队列数量与所述其中一MEMS芯片的存储队列数量相比较;

S13:对于剩余MEMS芯片中的任一者,若所述当前的存储队列数量小于所述其中一MEMS芯片的存储队列数量,则发出询问包;

S14:对于剩余MEMS芯片中的任一者,若所述当前的存储队列数量大于或等于所述其中一MEMS芯片的存储队列数量,则不发出询问包;

重复执行所述S11至S14,直至剩余MEMS芯片仅为一个;

响应于接收到最后一个剩余MEMS芯片传输的封装包,则判定接收到全部MEMS芯片的测试数据,确定完成所述测试数据的采集。

7.根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述封装包包括数据头、数据类型、来源编号、数据长度及数据内容,所述来源编号表示所述测试数据来自的MEMS芯片以及标识最后一个剩余MEMS芯片;所述方法还包括:

所述FPGA板根据所述来源编号确定剩余MEMS芯片仅为一个。

8.根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

获取询问包从一MEMS芯片发出至另一MEMS芯片接收到的最大时长;

在距离前次检测到所述询问包超过所述最大时长时,未接收到任一所述询问包,则确定剩余MEMS芯片仅为一个。

9.一种MEMS芯片的测试系统,其特征在于,包括上位机、MCU以及FPGA板,所述FPGA板与所述MCU连接,所述FPGA板设置有多个接口,用于与若干MEMS芯片连接,每一所述接口连接一所述MEMS芯片,所述MCU与所述上位机连接;其中,所述FPGA板、所述上位机和所述MCU之间通过如权利要求1至8中任一项所述的方法执行MEMS芯片的测试。

10.一种存储介质,其特征在于,所述存储介质上存储有测试程序,被处理器执行时实现如权利要求1至8中任一项所述的MEMS芯片的测试方法。

## MEMS芯片的测试方法及系统、存储介质

### 技术领域

[0001] 本申请涉及芯片测试领域,具体涉及一种MEMS(Micro Electro Mechanical System,微机电系统)芯片的测试方法及系统、存储介质。

### 背景技术

[0002] 目前,用于控制IMU(Inertial Measurement Unit,惯性测量单元)或陀螺仪等的MEMS芯片在出厂前需要做测试,以确保最终上市的MEMS芯片具有的良好性能。现有技术通常是基于测试机台的MCU(Micro-controller Unit,微控制单元)采集MEMS芯片产生的数据,该数据可称为“测试数据”,并根据该测试数据来判断MEMS芯片是否符合出厂要求。MCU与各个MEMS芯片之间采用串行传输方式进行测试数据的传输,但串行传输方式的效率较慢,一般而言在做惯性角度测试和校准过程中每个MEMS芯片需要花费20分钟左右的时间,如果待测试的MEMS芯片数量较多,则需要花费的时间更长,这无疑会严重影响MEMS芯片的测试效率及出厂效率。

### 发明内容

[0003] 鉴于此,本申请提供一种MEMS芯片的测试方法及系统、存储介质,可以至少改善MEMS芯片的现有测试效率较慢的问题。

[0004] 本申请提供了一种MEMS芯片的测试方法,所述MEMS芯片用于控制IMU或陀螺仪的多个轴,所述方法包括:

FPGA(Field Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)板连接MCU,并通过自身的多个接口连接若干MEMS芯片,每一接口连接一MEMS芯片,所述MCU还连接上位机;

所述FPGA板将接收自上位机的控制指令并行传输给各个MEMS芯片;

所述FPGA板接收各个MEMS芯片并行传输的测试数据;

所述FPGA板将所述测试数据发送给MCU,以由所述MCU对所述测试数据进行分析并将分析结果发送给上位机,或者,所述FPGA板对所述测试数据进行分析,并将分析结果发送给MCU以由所述MCU发送给上位机。

[0005] 可选的,各个MEMS芯片设置于所述FPGA板上;所述方法还包括:

所述FPGA板设置温度传感器以检测各个MEMS芯片的当前温度;

所述FPGA板将所述当前温度发送给MCU,以由所述MCU判断是否达到预设温度、并在确定所述当前温度达到所述预设温度时产生触发指令;

所述FPGA板响应于从所述MCU接收到所述触发指令,执行所述将从上位机接收的控制指令并行传输给各个MEMS芯片的步骤。

[0006] 可选的,所述方法还包括:

所述FPGA板采集各个MEMS芯片上电时并行传输的模拟信号;

所述FPGA板将采集的模拟信号模数转换为数字信号;

所述FPGA板根据所述数字信号对各个MEMS芯片进行校准。

[0007] 可选的,测试数据为对IMU或陀螺仪的各个轴在若干参数位点进行测试得到;所述FPGA板根据所述数字信号对各个MEMS芯片进行校准,包括:

对于相邻两个所述参数位点,在对后一参数位点输出模拟信号之前,根据前一参数位点产生的数字信号完成对应MEMS芯片的校准。

[0008] 可选的,所述测试数据表现为封装包,所述封装包包括数据头、数据类型、来源编号、数据长度及数据内容,所述来源编号表示所述测试数据来自的MEMS芯片;所述方法还包括:

所述FPGA板从所述测试数据中获取各轴的数据;

对获取到数据的每一轴创建一存储队列,并存储对应的数据;

根据所述来源编号和所述存储队列的数量,判断是否接收到全部MEMS芯片的测试数据;以及,若是,则确定完成所述测试数据的采集;若否,则继续接收各个MEMS芯片并行传输的测试数据。

[0009] 可选的,所述方法还包括:

S11:将所述多个接口相连,选取其中一MEMS芯片发出包含自身标识和存储队列数量的一询问包,其中,所述存储队列为从所述测试数据中获取到对应各轴的数据时创建,且每一轴创建一存储队列;

S12:剩余MEMS芯片接收到所述询问包后,将各自当前的存储队列数量与所述其中一MEMS芯片的存储队列数量相比较;

S13:对于剩余MEMS芯片中的任一者,若所述当前的存储队列数量小于所述其中一MEMS芯片的存储队列数量,则发出询问包;

S14:对于剩余MEMS芯片中的任一者,若所述当前的存储队列数量大于或等于所述其中一MEMS芯片的存储队列数量,则不发出询问包;

重复执行所述S11至S14,直至剩余MEMS芯片仅为一个;

响应于接收到最后一个剩余MEMS芯片传输的封装包,则判定接收到全部MEMS芯片的测试数据,确定完成所述测试数据的采集。

[0010] 可选的,所述封装包包括数据头、数据类型、来源编号、数据长度及数据内容,所述来源编号表示所述测试数据来自的MEMS芯片以及标识最后一个剩余MEMS芯片;所述方法还包括:

所述FPGA板根据所述来源编号确定剩余MEMS芯片仅为一个。

[0011] 可选的,所述方法还包括:

获取询问包从一MEMS芯片发出至另一MEMS芯片接收到的最大时长;

在距离前次检测到所述询问包超过所述最大时长时,未接收到任一所述询问包,则确定剩余MEMS芯片仅为一个。

[0012] 本申请提供的一种MEMS芯片的测试系统,包括上位机、MCU以及FPGA板,所述FPGA板与所述MCU连接,所述FPGA板设置有多个接口,用于与若干MEMS芯片连接,每一所述接口连接一所述MEMS芯片,所述MCU与所述上位机连接;其中,所述FPGA板、所述上位机和所述MCU之间通过如上任一项所述的方法执行MEMS芯片的测试。

[0013] 本申请提供的一种存储介质,存储有测试程序,所述测试程序被处理器执行时实现如上任一项所述的MEMS芯片的测试方法的对应步骤。

[0014] 如上所述,本申请通过FPGA板接收各个MEMS芯片产生的测试数据,FPGA板和各个MEMS芯片之间通过并行传输方式来传输测试数据,并行传输方式使得测试数据通过多条线路同时传输,在相同时间内可以传输较多的测试数据,从而可以降低对MEMS芯片的测试时间,提高测试效率。

[0015] 另外,本申请可以通过FPGA板采集各个MEMS芯片上电时并行传输的模拟信号,据此对各个MEMS芯片进行校准,于此,可以根据各个MEMS芯片的差异实现针对性自动校准,保证各个MEMS芯片的最佳性能。

[0016] 进一步的,本申请可以通过FPGA板从测试数据中获取IMU或陀螺仪的各轴的数据,并在每获取到一轴的数据时创建一存储队列,并存储对应的数据,继而根据测试数据中携带的来源编号和存储队列的数量,判断是否接收到全部MEMS芯片的测试数据,从而自动实现测试数据是否完成采集的确定。

[0017] 本申请也可以通过FPGA板将多个接口相连,以此将多个MEMS芯片互联,这些MEMS芯片之间通过比较存储队列数量来确定是否发出询问包,据此确定是否为最后一个发出询问包的MEMS芯片,基于此,本申请可以通过这些MEMS芯片之间的互联来自动确定测试数据是否完成采集,而无需FPGA板、MCU及上位机中任一者来执行,可以减少FPGA板、MCU及上位机中任一者的计算量。

#### 附图说明

[0018] 图1为本申请一实施例的MEMS芯片的测试方法的流程示意图;

图2为本申请一实施例的MEMS芯片的测试系统的结构示意图;

图3为本申请实施例提供的一种MEMS芯片、FPGA板、MCU及上位机在测试过程中的交互示意图;

图4为本申请实施例提供的另一种MEMS芯片、FPGA板、MCU及上位机在测试过程中的交互示意图;

图5为本申请一实施例的检测是否完成测试数据采集的流程示意图。

#### 具体实施方式

[0019] 为了解决现有技术中存在的上述问题,本申请提供一种MEMS芯片的测试方法及系统、存储介质。这几个保护主题基于同一构思,解决问题的原理基本相同或相似,各保护主题的实施方式可相互参阅,重复之处不予赘述。

[0020] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合具体实施例及相应的附图,对本申请的技术方案进行清楚地描述。显然,下文所描述实施例仅是本申请的一部分实施例,而非全部的实施例。在不冲突的情况下,下述各个实施例及其技术特征可相互组合,且亦属于本申请的技术方案。

[0021] 图1为本申请一实施例的MEMS芯片的测试方法的流程示意图。该MEMS芯片的测试方法可简称为“方法”或者“测试方法”,其执行主体可以为FPGA板,该FPGA板即为集成有FPGA的测试板。所述MEMS芯片用于控制IMU或陀螺仪的多个轴,以IMU为例,MEMS芯片用于控制三个轴的加速度计和三个轴的陀螺仪执行相应操作,本申请方法即是对MEMS芯片控制这六个轴进行相应操作时的结果进行测试,以此确保MEMS芯片的性能。

[0022] 如图1所示,该方法至少包括以下步骤S1至S4。

[0023] S1:FPGA板连接MCU,并通过自身的多个接口连接若干MEMS芯片,每一接口连接一MEMS芯片,MCU还连接上位机。

[0024] 结合图2所示的场景,上位机连接MCU,例如两者之间通过滑环建立连接,MCU通过单个FPGA板连接多个MEMS芯片;单个FPGA板设置有多接口,因此单个FPGA板可以实现与相同数量或者少于该数量的若干MEMS芯片之间的连接,图中仅示例性的显示六个MEMS芯片,并分别标号为1~n,对应的八个接口可以分别标号为1~n,相同标号的MEMS芯片与接口一一对应连接。应理解,其他示例可以设置单个或者两个以上的其他数量的FPGA板连接一MCU,以此适应其他数量的MEMS芯片的测试场景需求,各个FPGA板的结构可以完全相同,也可以不同,本申请并不予以限定。各个FPGA板之间互联,并据此实现数据互传和同步控制。

[0025] 本申请将与MEMS芯片连接的接口称为第一接口、与MCU连接的接口称为第二接口。在图2所示的一示例中,FPGA板为具有独立数据处理与运算能力的测试板,其第一接口可以是LPT接口等接口,具有广泛的使用场景,第二接口包括但不限于为TCP/UDP端口,TCP为传输控制协议,UDP为用户数据报协议,于此FPGA板和MCU之间也可以并行传输相应的数据,例如同时传输日志数据及指令数据,提高传输效率。

[0026] 与FPGA板建立连接的MEMS芯片,可称为待测试芯片,于此,上位机、MCU和各个待测试芯片之间通过FPGA板即建立测试连接。

[0027] S2:FPGA板将接收自上位机的控制指令并行传输给各个MEMS芯片。

[0028] S3:FPGA板接收各个MEMS芯片并行传输的测试数据。

[0029] S4:FPGA板将测试数据发送给MCU,以由MCU对测试数据进行分析并将分析结果发送给上位机,或者,FPGA板对测试数据进行分析,并将分析结果发送给MCU以由MCU发送给上位机。

[0030] 在步骤S1之后、步骤S2之前,一并参阅图3和图4所示,上位机(例如通过其测试管理程序)下发控制指令给MCU,MCU转发给FPGA板,该控制指令用于对FPGA板所连接的MEMS芯片中的一个或多个进行测试,具体可以根据携带的各个第一接口的标识来区分,该控制指令是下发给哪一或哪些MEMS芯片。该控制指令可以包含指令数据,而不包含日志数据。

[0031] 各个MEMS芯片根据其接收到的控制指令执行对应的测试,并产生对应的测试数据,该测试数据包括但不限于IMU的各个轴的加速度值和角速度值;该测试数据可以表现为日志数据,然后各个MEMS芯片通过对应的第一接口将所述测试数据传输给FPGA板。步骤S2可视为FPGA板采集测试数据的步骤。在一示例中,各个第一接口可以具有缓存功能,以将对应MEMS芯片传输的测试数据进行缓存,第一接口在形成有缓存数据时向FPGA板发出提醒,FPGA板在检测到该提醒后读取所述缓存数据,以此实现各个MEMS芯片与FPGA板之间的并行传输。FPGA板可以通过第一接口的标号,来区分对应的MEMS芯片,以图2所示的场景为例,通过标号3的第一接口传输的即为标号3的MEMS芯片所产生及传输的测试数据。

[0032] 在步骤S4的一示例中,在全部MEMS芯片的测试数据传输至FPGA板之后,FPGA板再将这些测试数据一并打包发送给MCU;在另一示例中,FPGA板可以每接收完成一个MEMS芯片的测试数据之后,就发送给MCU。

[0033] 如上所述,本申请通过FPGA板接收各个MEMS芯片产生的测试数据,FPGA板和各个MEMS芯片之间通过并行传输方式来传输测试数据,每一MEMS芯片及对应接入的第一接口可

视为并行传输中的一数据通道,并行传输方式使得测试数据通过多条通道同时传输,在相同时间内可以传输较多的测试数据,从而可以降低对MEMS芯片的测试时间,提高测试效率。

[0034] 本申请既可以如图3所示,由FPGA板将测试数据发送给MCU以由MCU进行分析,也可以如图4所示,通过FPGA板对测试数据进行分析。MCU或者FPGA板对测试数据进行分析的具体过程及原理,可参阅现有技术,此处不再赘述。例如,将采集到的测试数据与理论计算得到的数据进行比较,当两者差值超过预设阈值后,则认为当前轴的测试不合格,上位机可以记录测试数据以及分析结果,以形成测试相关的日志数据。

[0035] MEMS芯片所处环境的温度对测试结果的影响较为敏感,因此对MEMS芯片进行测试,可以理解为确认IMU的每个轴在不同温度下的运行数据是否符合预设要求,于此,本申请在采集测试数据之前需要检测当前温度达到预设温度。一并参阅图3和图4所示,所述方法还包括:

S101:FPGA板设置温度传感器,各个MEMS芯片设置于FPGA板上,通过温度传感器检测各个MEMS芯片的当前温度。

[0036] S102:FPGA板将当前温度发送给MCU,以由MCU判断是否达到预设温度、并在确定当前温度达到预设温度时产生触发指令。

[0037] MCU可实时读取FPGA板的温度,在达到测试需求的预设温度后,可以进行测试。在当前温度未达到预设温度时,不产生触发指令,并继续执行S101。

[0038] S103:FPGA板检测是否从MCU接收到触发指令。

[0039] FPGA板响应于从MCU接收到触发指令,执行所述步骤S2,即,将从上位机接收的控制指令并行传输给各个MEMS芯片。

[0040] 现有技术中的温度传感器设置于MCU所处平台,实际测试得到的温度相对于MEMS芯片实际所处位置的温度有所差异,从而会对测试结果产生不利影响。本申请示例将温度传感器放置于FPGA板上,FPGA板可以直接实时读取最接近各个MEMS芯片的实时温度,据此可以对实时温度进行较为准确的补偿以达到理论的预设温度,从而确保测试数据的准确性。

[0041] 请继续参阅图3和图4所示,所述方法还包括:

S104:FPGA板采集各个MEMS芯片上电时并行传输的模拟信号。

[0042] S105:FPGA板将采集的模拟信号模数转换为数字信号。

[0043] S106:FPGA板根据数字信号对各个MEMS芯片进行校准。

[0044] 在测试前,本示例通过FPGA板对各个MEMS芯片进行校准,MEMS芯片在设计时可配置其内部的寄存器通过Pin脚输出模拟信号,结合图2所示的示例,可以在FPGA板上加设ADC (Analog-to-Digital Converter,模数转换器) 采样芯片,各个MEMS芯片在接入FPGA板上电后,输出不同的模拟信号,ADC采样芯片进行采样,将采样的数据发送到FPGA板,FPGA板进行实时数据分析,再通过FPGA板配置MEMS芯片内部的校准寄存器进行校准,通过对比采样的数据来确认MEMS芯片是否校准完成,这样就可以每颗MEMS芯片都输入最优的校准参数。在一示例中,本申请可以将经验值预先加载到MEMS芯片,以减少自动校准时间,提高自动校准效率;所述经验值可以为之前对各类型MEMS芯片进行校准时的历史校准参数。

[0045] 现有技术是通过MCU将所有MEMS芯片统一加载预先调试好的校准参数,即,所有MEMS芯片所加载的校准参数是相同的,现有技术无法根据各个MEMS芯片的差异实现针对性

自动校准,难以保证各个MEMS芯片的最佳性能。本申请通过FPGA板采集各个MEMS芯片上电时并行传输的模拟信号,据此对各个MEMS芯片进行校准,可见,本申请可以根据各个MEMS芯片的差异实现针对性自动校准,保证各个MEMS芯片的最佳性能。

[0046] 在对各个MEMS芯片进行测试的实际场景中,本申请可以仅选取若干参数位点(又可称为“测试点”)对IMU或陀螺仪的各个轴进行测试,即,所述测试数据是对各个轴在若干参数位点进行测试得到。基于此,在FPGA板根据数字信号对各个MEMS芯片进行校准的过程中,对于相邻两个参数位点,按照时间顺序,在前的参数位点称为“前一参数位点”、在后的参数位点称为“后一参数位点”,在对后一参数位点输出模拟信号之前,根据前一参数位点产生的数字信号完成对应MEMS芯片的校准,于此,FPGA板可以实时判断MEMS芯片的状态,并实时调整校准参数,当到达固定的测试点时,就已经完成校准,从而可以确保在测试点时采集到的数据较为准确。

[0047] 在FPGA板将测试数据发送给MCU之前,或者FPGA板对测试数据进行分析之前,本申请可以通过FPGA板检测是否完成测试数据的采集,即,是否完成可对所有MEMS芯片的所有轴的测试数据的采集。若是,则执行前述步骤S4;若否,则继续采集测试数据,直至完成采集。

[0048] 在一示例中,FPGA板可以根据测试数据及其存储方式,来检测是否完测试数据的采集。具体地,在实际场景中,所述测试数据可以表现为封装包,所述封装包包括数据头、数据类型、来源编号、数据长度及数据内容,其中,所述来源编号表示所述测试数据来自的MEMS芯片;于此,FPGA板可以先解析封装包,以此从测试数据中获取各轴对应的数据,然后,对获取到数据的每一轴创建一存储队列,并存储对应的数据;根据所述来源编号和存储队列的数量,判断是否接收到全部MEMS芯片的测试数据。

[0049] 从封装包中解析得到轴1的数据,则创建存储队列1,解析得到轴2的数据,则创建存储队列2,以此类推。以MEMS芯片用于控制IMU为例,首先根据来源编号确定测试数据是否来自所有MEMS芯片,若否,则确定当前未接收到全部MEMS芯片的测试数据,若是,则检测存储队列的数量是否与IMU的总轴数相等,若相等,则确定接收到全部MEMS芯片的测试数据;若不相等,例如当前解析得到轴1~5的数据,创建了存储队列1~5,则存储队列的数量为五,小于IMU的总轴数(IMU的总轴数为六),则确定当前未接收到全部MEMS芯片的测试数据。

[0050] 也就是说,本申请可以通过FPGA板从测试数据中获取各轴的数据,并在每获取到一轴的数据时创建一存储队列,并存储对应的数据,继而根据测试数据中携带的来源编号和存储队列的数量,来判断是否接收到全部MEMS芯片的测试数据,从而自动实现测试数据是否完成采集的确定。

[0051] 在其他示例中,本申请可以通过所接入的MEMS芯片之间的互联来自动确定测试数据是否完成采集,而无需FPGA板、MCU及上位机中任一者来执行。具体地,结合图5所示,所述方法还包括如下步骤:

S11:将多个接口相连,选取其中一MEMS芯片发出包含自身标识和存储队列数量的一询问包,其中,存储队列为从测试数据中获取到对应各轴的数据时创建,且每一轴创建一存储队列;

S12:剩余MEMS芯片接收到询问包后,将各自当前的存储队列数量与所述其中一MEMS芯片的存储队列数量相比较;

对于剩余MEMS芯片中的任一者,检测自身当前的存储队列数量是否小于预设存储队列数量(可称为“预设存储队列数量”)。

[0052] S13:对于剩余MEMS芯片中的任一者,若当前的存储队列数量小于所述其中一MEMS芯片的存储队列数量,则发出询问包;

S14:对于剩余MEMS芯片中的任一者,若当前的存储队列数量大于或等于所述其中一MEMS芯片的存储队列数量,则不发出询问包;

重复执行所述S11至S14,直至剩余MEMS芯片仅为一个;以及,

S15:响应于接收到最后一个剩余MEMS芯片传输的封装包,则判定接收到全部MEMS芯片的测试数据,确定完成测试数据的采集。

[0053] 所述其中一MEMS芯片可视为已对自身的所有轴完成数据采集的MEMS芯片,其他任一MEMS芯片当前的存储队列数量小于其存储队列数量,表示该其他任一MEMS芯片未完成对所有轴数据的采集。

[0054] 本示例通过FPGA板将多个MEMS芯片互联,这些MEMS芯片之间通过比较存储队列的数量来确定是否发出询问包,据此检测出最后一个发出询问包的MEMS芯片,当检测到最后一个MEMS芯片发出的封装包(即测试数据)后,即可确定完成采集,而无需FPGA板、MCU及上位机中任一者来执行,可以减少FPGA板、MCU及上位机中任一者的计算量。

[0055] 本申请确定剩余MEMS芯片仅为一个的方式,包括但不限于如下一种:

方式1:基于测试数据表现为封装包,且封装包包括数据头、数据类型、来源编号、数据长度及数据内容,本示例可以设置来源编号的字节,以使该来源编号表示测试数据来自的MEMS芯片以及标识最后一个剩余MEMS芯片;FPGA板根据所述来源编号确定剩余MEMS芯片仅为一个。

[0056] 方式2:在步骤S15之前,FPGA板获取询问包从一MEMS芯片发出至另一MEMS芯片接收到的最大时长;以及,在距离前次检测到询问包超过所述最大时长时,未接收到任一询问包,则确定剩余MEMS芯片仅为一个。

[0057] 本申请实施例还提供一种MEMS芯片的测试系统,包括上位机、MCU以及FPGA板;所述FPGA板与MCU连接,FPGA板设置有多个接口,用于与若干MEMS芯片连接,每一接口连接一MEMS芯片,所述MCU与上位机连接;该测试系统的结构可参阅图2所示。其中,所述FPGA板、上位机和MCU之间通过如上任一示例的方法执行MEMS芯片的测试。

[0058] 本申请实施例还提供一种存储介质,其存储有测试程序,该测试程序被处理器执行时实现如上任一示例的MEMS芯片的测试方法对应的步骤。

[0059] 该存储介质可以包括:只读存储器(ROM,Read Only Memory)、随机存取记忆体(RAM,Random Access Memory)、磁盘或光盘等。

[0060] 由于该存储介质中所存储的程序,可以执行本申请实施例所提供的任一种MEMS芯片的测试方法中的步骤,因此,可以实现本申请实施例所提供的任一种MEMS芯片的测试方法所能实现的有益效果,详见前面的实施例。

[0061] 另外,本申请实施例提供的FPGA板、通讯板、上位机及存储介质分别为完整的器件,也具备已知器件对应具有的结构,本申请仅对涉及芯片测试的部分结构元件进行示例性描述,而对其他结构元件未一一列出。例如,FPGA板可以设置有如图2所示的数据打包模块、检测模块、加速度计算模块、角速度计算模块、自动校准模块,该数据打包模块可以将测

试数据或者分析结果发送给MCU,检测模块可用于对测试数据进行分析等,加速度计算模块用于测试获取MEMS芯片的各个轴的加速度值,角速度计算模块用于测试获取MEMS芯片的各个轴的角速度值,自动校准模块用于对各个MEMS芯片进行校准,这些模块在实际场景中可以通过适应硬件实现,例如两个或两个以上的模块可以实现为一个硬件,一个模块可以由两个或两个以上的硬件实现。

[0062] 以上所述仅为本申请的部分实施例,并非因此限制本申请的专利范围,对于本领域普通技术人员而言,凡是利用本说明书及附图内容所作的等效结构变换,均同理包括在本申请的专利保护范围内。

[0063] 本文采用了诸如S1、S2等步骤代号,其目的是为了更清楚简要地表述相应内容,不构成顺序上的实质性限制,本领域技术人员在具体实施时,可能会先执行S2后执行S1等,但这些均应在本申请的保护范围之内。

[0064] 尽管本文采用术语“第一、第二”等描述各种信息,但这些信息不应限于这些术语。这些术语仅用来将同一类型的信息彼此区分开。另外,单数形式“一”、“一个”和“该”旨在也包括复数形式。术语“或”和“和/或”被解释为包括性的,或意味着任一个或任何组合。仅当元件、功能、步骤或操作的组合在某些方式下内在地互相排斥时,才会出现该定义的例外。

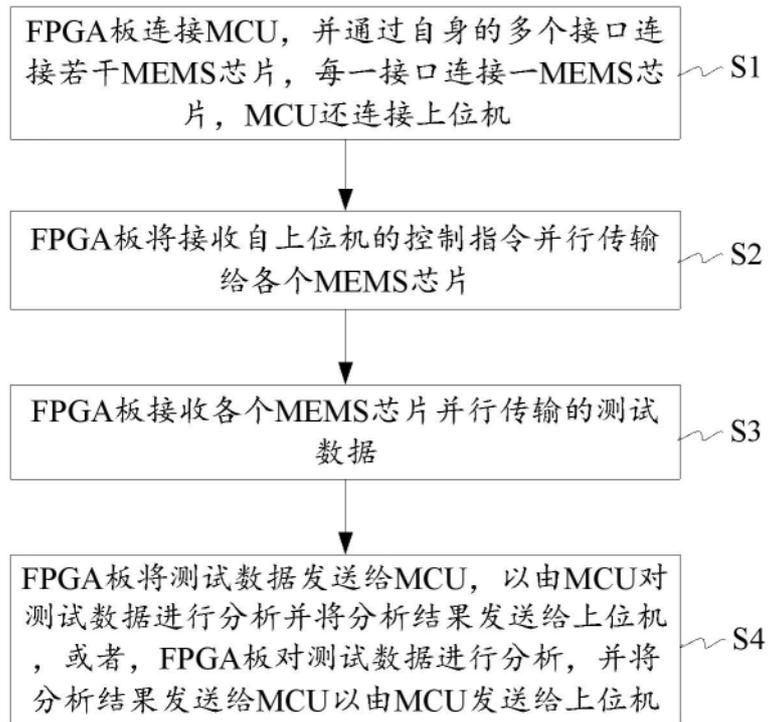


图1

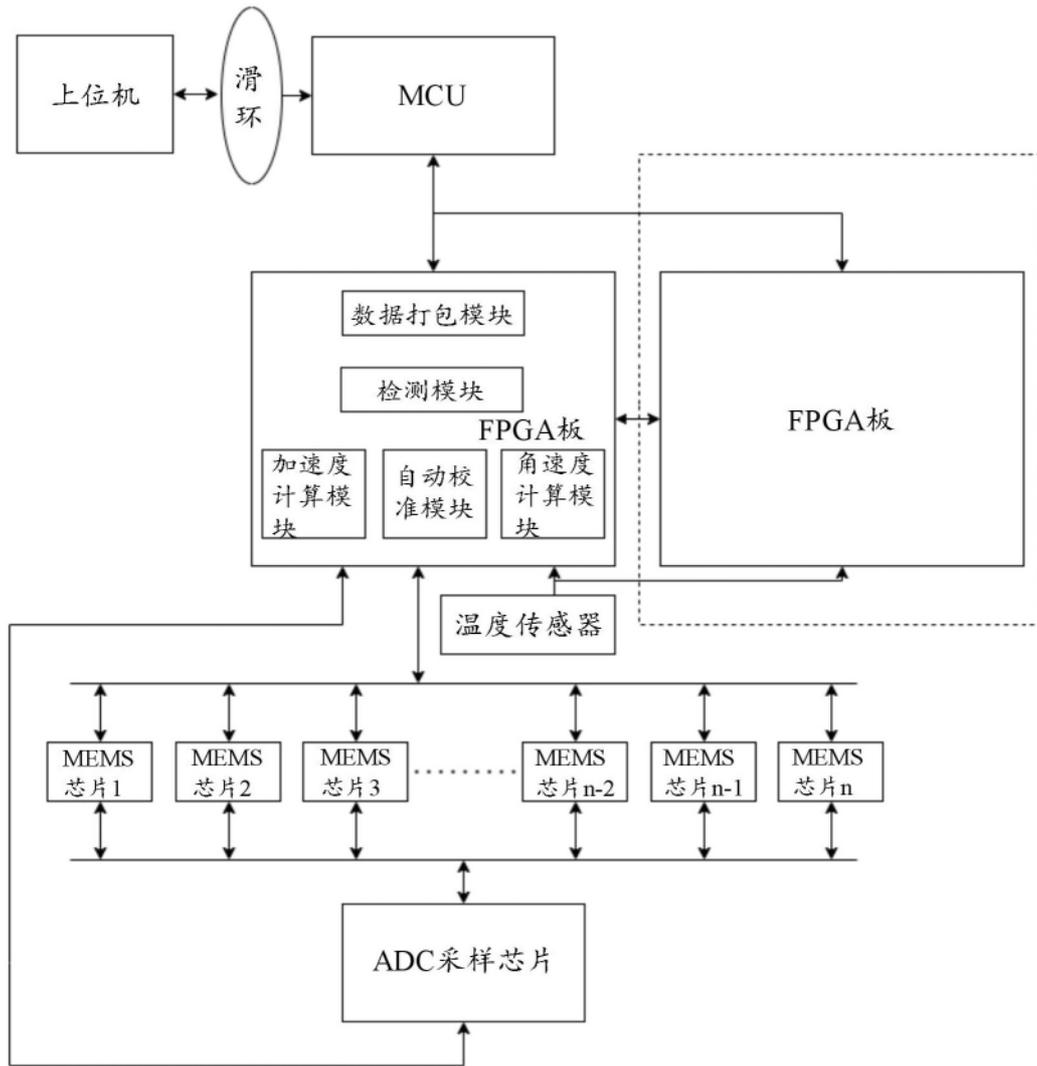


图2

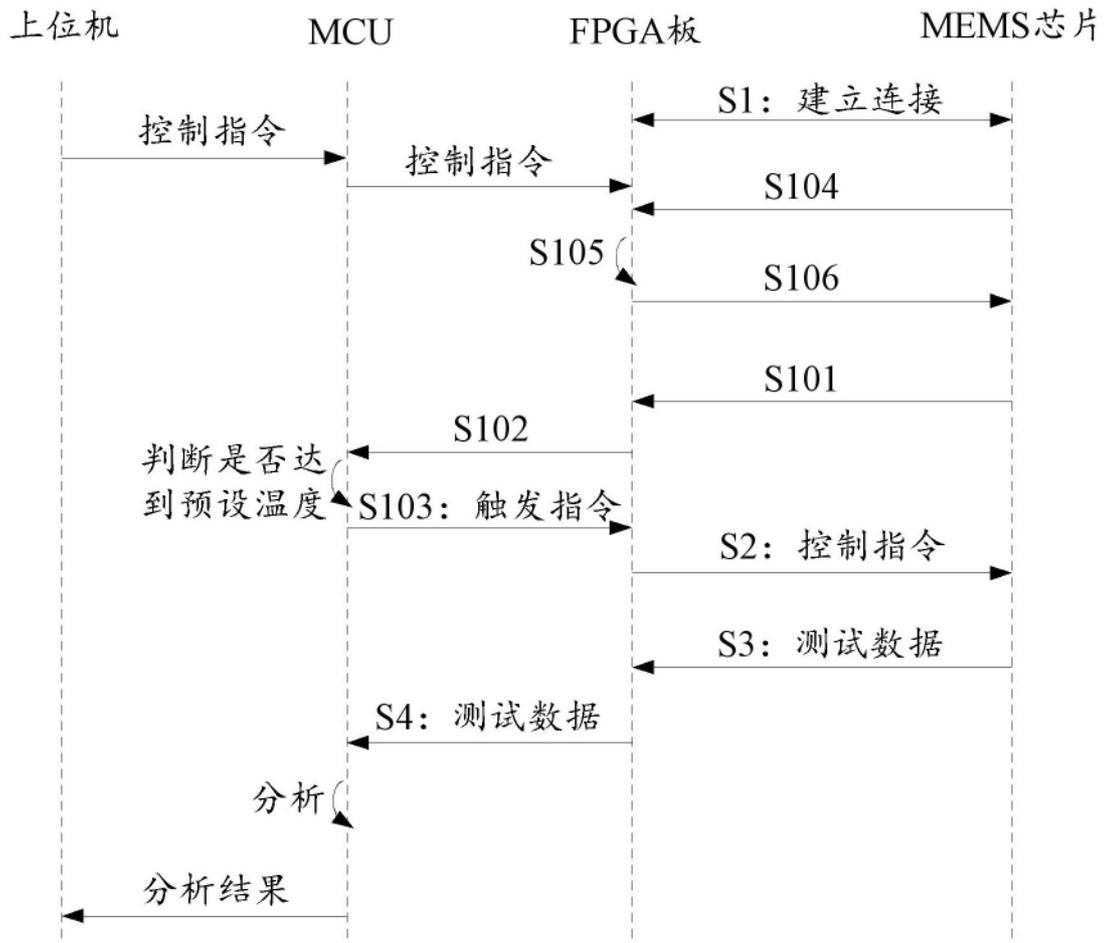


图3

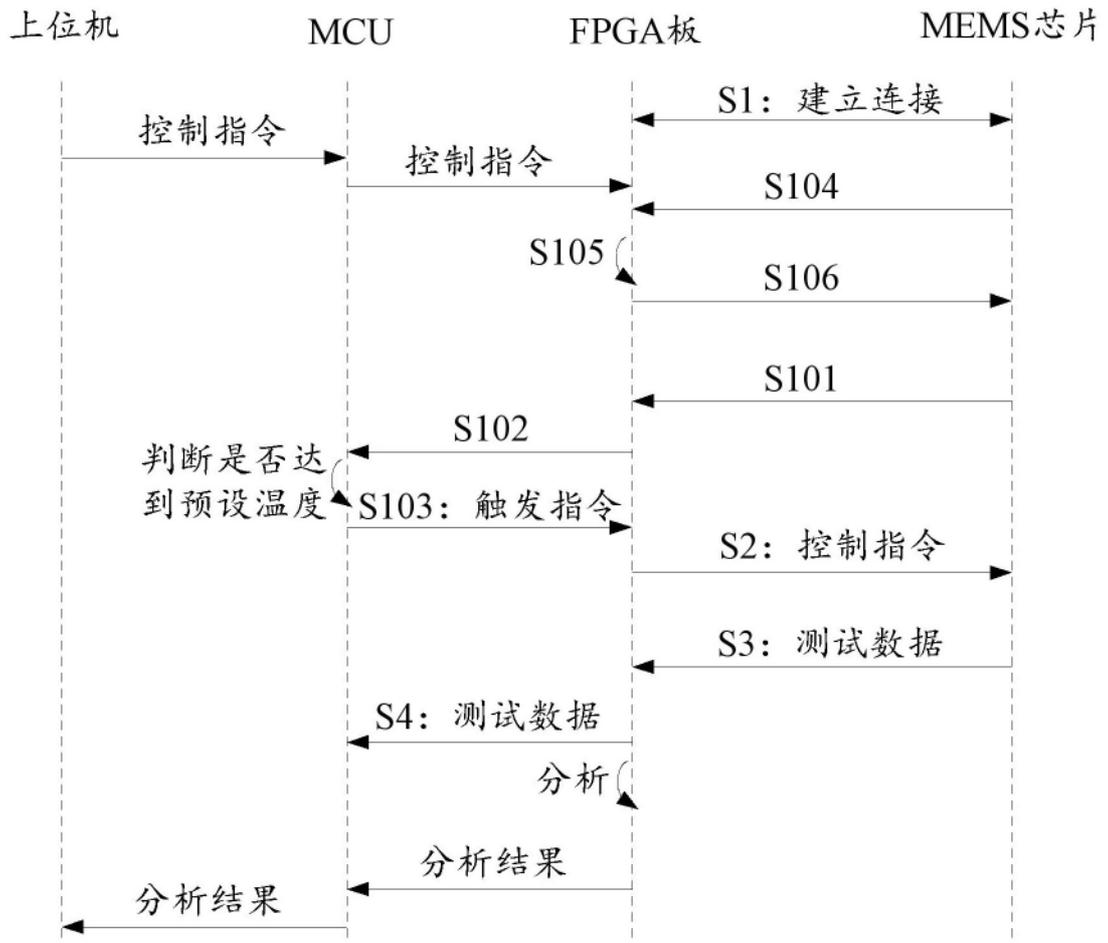


图4

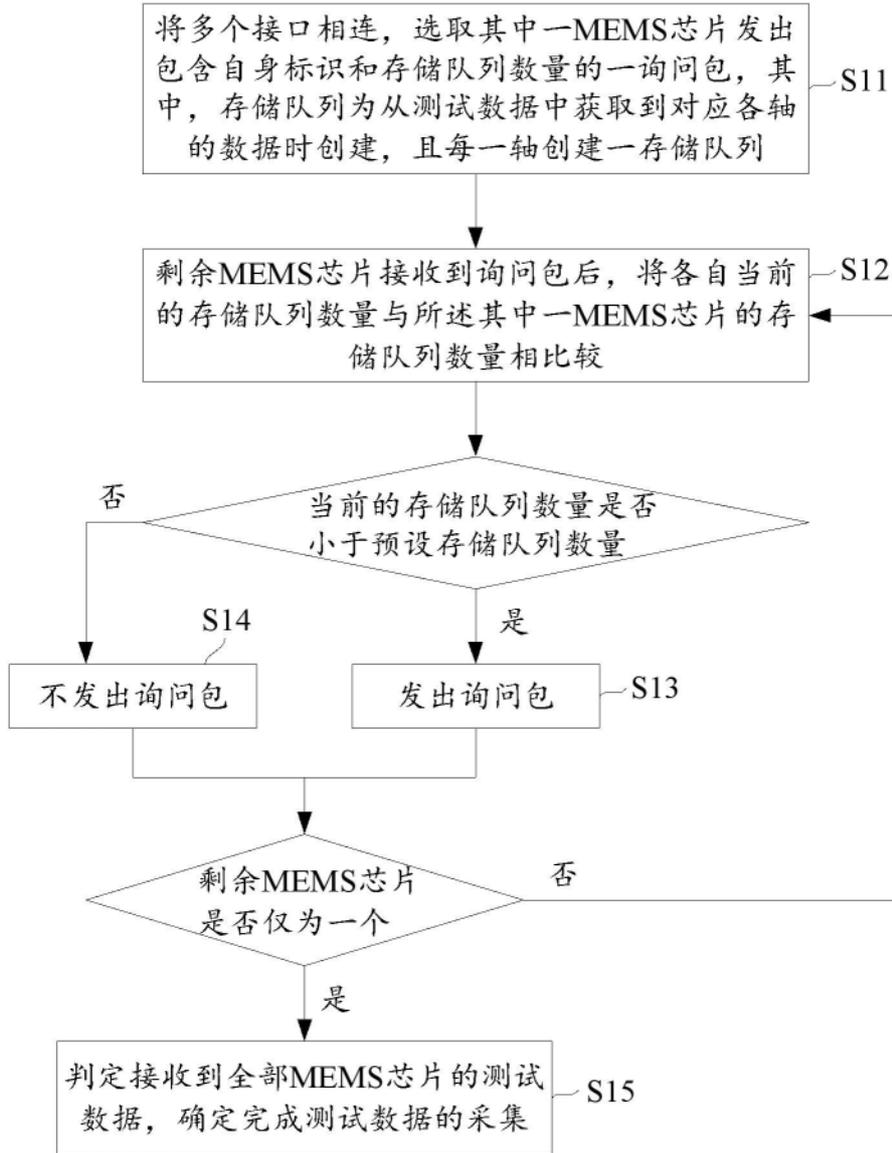


图5