



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103324583 B

(45) 授权公告日 2016.03.02

(21) 申请号 201310278159.5

(22) 申请日 2013.07.02

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38号

(72) 发明人 赵辛 高晓文 刘承 陈杏藩

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公
司 33200

代理人 林怀禹

(51) Int. Cl.

G06F 12/06(2006.01)

G01C 19/72(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101712381 A, 2010.05.26,

CN 102128624 A, 2011.07.20,

孙佳. 基于 SoPC 的激光陀螺捷联系统硬件平
台的设计与实现. 《中国优秀硕士学位论文全文

数据库》. 2011, 第 2011 卷 (第 5 期), 第 4 章.

徐赞. 基于 FPGA 的光纤陀螺信号采集处理卡
设计. 《计算机测量与控制》. 2012, 第 20 卷 (第
10 期), 全文.

审查员 李江

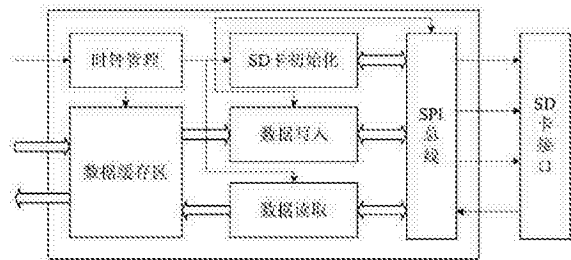
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种光纤陀螺离线高速数据采集方法

(57) 摘要

本发明公开了一种光纤陀螺离线高速数据采集方法。该方法步骤如下：FPGA 芯片对 SD 卡进行初始化，初始化完成后，SD 卡进入 SPI 工作模式，激活 SPI 通信总线；读取 SD 卡指定地址内数据，根据地址内数据配置数据采集的发送帧格式、写入帧速度、定时器；在 FPGA 芯片中建立一个 2048 字节的数据缓存区；FPGA 芯片通过 SPI 通信总线控制 SD 卡，进行光纤陀螺数据写入和光纤陀螺数据读取，完成数据采集过程。本发明可以离线高速采集光纤陀螺数据，突破在线数据采集方法对光纤陀螺测试数据传输速度的限制，速度达到 2.5MB/s；本发明环境适应性好，有效提高光纤陀螺测试数据采集可靠性。



1. 一种光纤陀螺离线高速数据采集方法,其特征在于,该方法步骤如下:

1. 1、FPGA 芯片对 SD 卡按照时钟模块提供的时钟信号进行初始化,初始化完成后,SD 卡进入 SPI 工作模式,激活 SPI 通信总线;

1. 2、读取 SD 卡指定地址内数据,根据地址内数据配置数据采集的发送帧格式、写入帧速度、定时器;

1. 3、在 FPGA 芯片中建立一个 2048 字节的缓存区;

1. 4、FPGA 芯片通过 SPI 通信总线控制 SD 卡,进行光纤陀螺数据写入和光纤陀螺数据读取,完成数据采集过程;

所述 1. 4 步骤中光纤陀螺数据写入和光纤陀螺数据读取的步骤如下:

2. 1、如果进行光纤陀螺数据写入,操作如下:

2. 1. 1 如果数据量小于缓存区大小,将光纤陀螺数据写入缓存区并启动定时器;

2. 1. 2 定时器到时前如果没有第二次光纤陀螺数据写入,将缓存区内的光纤陀螺数据写入 SD 卡;

2. 1. 3 如果光纤陀螺数据量大于或等于缓存区大小,及时将光纤陀螺数据写入 SD 卡中,向 FPGA 芯片申明缓存区满状态;

2. 2、如果进行光纤陀螺数据读取,操作如下:

2. 2. 1 光纤陀螺数据占用一个 SD 卡存储块,FPGA 芯片向 SD 卡发送单块读取命令,将 SD 卡存储块内数据写入缓存区,之后按照 1. 2 步骤中配置的发送帧格式将缓存区数据发出;

2. 2. 2 光纤陀螺数据占用多个 SD 卡存储块,FPGA 芯片向 SD 卡发送连续读取命令,将 SD 卡存储块内数据写入缓存区,缓存区满时暂停读取,按照 1. 2 步骤中配置的发送帧格式将缓存区的数据发出,发送完成后,清空缓存区;重复该 2. 2. 2 步骤直至读取完成。

2. 根据权利要求 1 所述的一种光纤陀螺离线高速数据采集方法,其特征在于:

时钟模块,将外界时钟输入转化为所需频率时钟信号;

数据缓存区模块,用于输入、输出数据的缓存,避免小数据量频繁读写对系统资源的消耗;

SD 卡初始化模块,在系统上电或 SD 卡插入后对 SD 卡进行初始化并进入 SPI 工作模式;

数据写入模块和数据读取模块,用于写入或读取光纤陀螺测试数据;

SPI 总线模块,负责 FPGA 芯片与 SD 卡之间的通信。

一种光纤陀螺离线高速数据采集方法

技术领域

[0001] 本发明涉及数据采集方法,尤其是涉及一种光纤陀螺离线高速数据采集方法。

背景技术

[0002] SD卡(Secure Digital Memory Card 安全数字存储卡)是一种基于半导体闪存工艺的存储卡,1999年,由日本松下、东芝及美国Sandisk公司共同研制完成。当前,人们对大数据量的高速采集与存储需求越来越高。SD卡作为新一代数据存储设备,具有体积小、容量高、传输速率快、能耗低一级安全性高等特点,很好的满足了市场的具体需求,被广泛应用于电子设备和工业控制领域中。SD卡存储器工作温度零下40摄氏度至85摄氏度,可在恶劣环境使用。现有的实时数据采集系统,在对SD卡操作时,会出现由于过度频繁的小量数据写入以及数据删除需求,使得处理器浪费大量资源用于处理低速外设,在采集数据和存储数据之间反复切换,导致实时性能受到影响。

[0003] FPGA芯片(Field Programmable Gate Array 现场可编程门阵列)起源于20世纪70年代,是在专用集成电路的基础上发展起来的一种新型逻辑器件,也是当今数字系统设计的主要硬件平台。FPGA芯片继承了专用集成电路的大规模、高集成度、高可靠性的优点,又克服了专用集成电路设计周期长、投资大、灵活性差的缺点,规模越来越大、开发过程投资小、可反复编程及擦除、保密性能好、开发工具智能化,涵盖了实时化数字信号处理技术、高速数据收发器、复杂计算以及嵌入式系统设计技术的全部内容。

[0004] 光纤陀螺是一种敏感角速率的光纤传感器。光纤陀螺具有体积小、质量轻、精度范围广、无运动部件等优点,是一种新型的全固态惯性仪表。由于光纤陀螺在航空、航天、航海及兵器等应用领域的重要性,从一开始就受到了世界各国特别是军方的密切关注,并得以迅速发展,已成为21世纪惯性测量与制导领域的主流仪表之一。

[0005] 中高精度光纤陀螺集成了角速率、温度、气压等精密传感器件,输出数据具有精度高、数据量大等特点。使用光纤陀螺前需要模拟光纤陀螺实际应用环境,进行静态、动态、可靠性等多种测试。现有光纤陀螺数据采集系统依赖于电缆,在测试中存在明显的缺陷:1. 数据传输速度慢。目前的光纤陀螺测试数据传输大多采用串口通信协议,在环境控制设备(如温箱、转台)外使用电脑接收数据,由于通信链路没有缓存区、数据处理模块非硬件实现等原因导致速度不高。2. 数据传输可靠性差。光纤陀螺测试中环境控制设备内环境需要与外环境严格隔离,数据传输从内环境至外环境经过数据转换装置(如金属滑环等),实际数据链路过长,导致通信过程可靠性差,容易受到环境干扰;光纤陀螺可靠性测试要求外环境中接收数据使用的电脑长时间工作,可靠性不足。

发明内容

[0006] 针对目前光纤陀螺测试数据量大、可靠性要求高,而又缺少简单高效数据采集方法和系统的现状,本发明的目的在于提供一种离线高速数据采集方法,该方法可大幅度提高测试数据采集速度和采集系统可靠性,使用该方法的系统同时降低了数据采集过程的功

耗。

[0007] 实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0008] 1、FPGA 芯片对 SD 卡按照时钟模块提供的时钟信号进行初始化,初始化完成后,SD 卡进入 SPI 工作模式,激活 SPI 通信总线;

[0009] 2、读取 SD 卡指定地址内数据,根据地址内数据配置数据采集的发送帧格式、写入帧速度、定时器;

[0010] 3、在 FPGA 芯片中建立一个 2048 字节的缓存区;

[0011] 4、FPGA 芯片通过 SPI 通信总线控制 SD 卡,进行光纤陀螺数据写入和光纤陀螺数据读取,完成数据采集过程。

[0012] 所述步骤 4 中光纤陀螺数据写入和光纤陀螺数据读取的步骤如下:

[0013] 4. 1、如果进行光纤陀螺数据写入,操作如下:

[0014] 4. 1. 1 如果数据量小于缓存区大小,将光纤陀螺数据写入缓存区并启动定时器;

[0015] 4. 1. 2 定时器到时前如果没有第二次光纤陀螺数据写入,将缓存区内的光纤陀螺数据写入 SD 卡;

[0016] 4. 1. 3 如果光纤陀螺数据量大于或等于缓存区大小,及时将光纤陀螺数据写入 SD 卡中,向 FPGA 芯片申明缓存区满状态;

[0017] 4. 2、如果进行光纤陀螺数据读取,操作如下:

[0018] 4. 2. 1 光纤陀螺数据占用一个 SD 卡存储块,FPGA 芯片向 SD 卡发送单块读取命令,将 SD 卡存储块内数据写入缓存区,之后按照步骤 2 中配置的发送帧格式将缓存区数据发出;

[0019] 4. 2. 2 光纤陀螺数据占用多个 SD 卡存储块,FPGA 芯片向 SD 卡发送连续读取命令,将 SD 卡存储块内数据写入缓存区,缓存区满时暂停读取,按照步骤 2 中配置的发送帧格式将缓存区的数据发出,发送完成后,清空缓存区;重复该 4. 2. 2 步骤直至读取完成。

[0020] 所述光纤陀螺数据采集方法包括如下的软件模块:

[0021] 时钟模块,将外界时钟输入转化为所需频率时钟信号;

[0022] 数据缓存区模块,用于输入、输出数据的缓存,避免小数据量频繁读写对系统资源的消耗;

[0023] SD 卡初始化模块,在系统上电或 SD 卡插入后对 SD 卡进行初始化并进入 SPI 工作模式;

[0024] 数据写入模块和数据读取模块,用于写入或读取光纤陀螺测试数据;

[0025] SPI 总线模块,负责 FPGA 芯片与 SD 卡之间的通信。

[0026] 本发明具有的有益效果是:

[0027] 本发明使用 FPGA 芯片控制 SD 卡接口,将接收到的光纤陀螺各项数据快速存入 SD 卡;基于本发明的数据采集系统置于测试设备内环境,光纤陀螺数据直接由采集系统接受,不经过数据转换装置或长数据链路。本发明可以离线高速采集光纤陀螺数据,突破在线数据采集方法对光纤陀螺测试数据传输速度的限制,速度达到 2.5MB/s;环境适应性好,有效提高光纤陀螺测试数据采集可靠性。

附图说明

- [0028] 图 1 是光纤陀螺离线高速数据采集方法软件模块示意图。
- [0029] 图 2 是光纤陀螺离线高速数据采集电路接口板示意图。
- [0030] 图 3 是光纤陀螺离线高速数据采集电路 FPGA 芯片板示意图。
- [0031] 图 4 是光纤陀螺离线高速数据采集方法实施步骤简图。
- [0032] 图中：101、数据输入接口，102、数据输出及供电接口，103、SD 卡接口，104、仿真调试接口，105、工作状态指示灯，106、工作状态指示灯，107、工作状态指示灯，108、插座，109、插座，201、FPGA 芯片，202、晶振，203、，204、FPGA 芯片板插头。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0034] 本发明的发明原理：

[0035] 光纤陀螺是一种敏感角速率的光纤传感器。光纤陀螺具有体积小、质量轻、精度范围广、无运动部件等优点，是一种新型的全固态惯性仪表。由于光纤陀螺在航空、航天、航海及兵器等应用领域的重要性，从一开始就受到了世界各国特别是军方的密切关注，并得以迅速发展，已成为 21 世纪惯性测量与制导领域的主流仪表之一。中高精度光纤陀螺集成了角速率、温度、气压等精密传感器件，输出数据具有精度高、数据量大等特点。

[0036] 使用 FPGA 芯片控制，将数据写入 SD 卡或读出，可以满足中高精度光纤陀螺测试中高速数据采集的要求，同时具有大容量、可靠性和灵活性。

[0037] SD 卡有两种可选通讯协议：SD 模式和 SPI 模式。SD 模式是 SD 卡标准的读写方式，但是在选用 SD 模式时，必须加入额外的 SD 卡控制单元或芯片以支持 SD 卡的读写，增加了产品的硬件成本。在 SD 卡数据读写速度小于 20MB/s 时，选用 SPI 模式是最佳解决方案。在 SPI 模式下，FPGA 芯片通过四条数据线即可完成所有数据交换，简化了硬件电路的设计；另外，SPI 模式下，FPGA 通过发送命令控制 SD 卡工作，对每一条命令 SD 卡均有应答且包含故障信息，这种工作方式可以提高数据读写可靠性、简化故障判断难度。SD 卡提供 9 个引脚便于外围电路对其进行操作。在 SPI 模式下，引脚 1 作为 SPI 片选线，引脚 2 用作 SPI 总线的数据输出线，引脚 3、6 作为电源地线，引脚 4 为电源线，引脚 5 用作时钟线，引脚 7 为数据输入线，引脚 8、9 悬空。

[0038] SD 卡自身具有完备的命令系统，以实现各项操作。SD 卡所有的命令都由 6 字节组成，发送时首先发送最高位，命令格式如下表：

[0039]

字节序号	1		2 至 5		6		
位序号	7	6	5 至 0		31 至 0	7 至 1	0
值	0	1	命令号		命令参数	CRC 校验码	1

[0040] 1 字节：命令的开始位为始终为 0，1 表明是主机发送给 SD 卡的命令，后面是命令号。命令号由指令标志定义，如 CMD39 为 100111，完整的 CMD39 第一字节为 01100111。

[0041] 2 至 5 字节：命令参数，有些命令没有参数。例如 CMD0 命令参数为 0。CMD24 为写单块命令，命令参数是写入目标地址。

[0042] 6 字节：前 7 位为 CRC 校验位，最后一位为停止位 0。

[0043] 如图 1 所示,一种基于 FPGA 芯片与 SD 卡的光纤陀螺离线高速数据采集方法包含以下软件模块:

[0044] A、时钟模块:

[0045] 时钟模块将外界时钟输入转化为所需频率时钟信号。SD 卡初始化过程中,输入时钟频率要求 100kHz—400kHz;初始化完成后,为提高数据传递速度,输入时钟频率最高可至 25MHz。所述模块在系统初始化时提供频率为 250kHz 的时钟信号,初始化完成后频率提高至 20MHz。

[0046] B、数据缓存区模块:

[0047] 用于输入、输出数据的缓存,避免小数据量频繁读写对系统资源的消耗。

[0048] C、SD 卡初始化模块:

[0049] 在系统上电或 SD 卡插入后对 SD 卡进行初始化并进入 SPI 工作模式。SD 卡初始化非常重要,只有进行了正确的初始化,才能进行读写等操作。在上电初期首先发送 74 个时钟信号,随后发送复位命令(命令号 0),之后再发送初始化命令(命令号 55 和命令号 41),若 SD 卡回应为 8 位 0,则初始化成功。

[0050] D、数据写入模块和数据读取模块:

[0051] 用于写入或读取光纤陀螺测试数据。SD 卡的读写操作均通过发送命令完成。SPI 总线模式下支持单块和多块读写操作。

[0052] E、SPI 总线模块:

[0053] SPI 总线模块负责 FPGA 芯片与 SD 卡之间的通信,控制 FPGA 芯片与 SD 卡相连的四条信号线。四条信号线分别是片选信号 CS,FPGA 芯片输出信号 MOSI,SD 卡输出信号 MISO,SPI 总线时钟信号输出 SCLK,分别对应 SD 卡接口的 1234 引脚。

[0054] 使用该方法的数据采集电路包含接口板与 FPGA 芯片板。

[0055] 接口板示意图如图 2,长 60mm、宽 72mm,包含接口如下:101—数据输入接口,102—数据输出及供电接口,103—SD 卡接口,104—仿真调试接口,105、106、107—工作状态指示灯,108,109—FPGA 芯片板插座。图中黑色圆点是焊接点,箭头所示方向为 SD 卡插入方向。101 与 102 接口为 DB9 接口,103 为金属材质带弹簧卡子的 SD 卡插座,104 为 14 线牛角插座。101、102、103、104、105、106、107 各引脚均通过 108、109 插座与 FPGA 芯片板连接。

[0056] FPGA 芯片板示意图如图 3,长 42mm、宽 36mm,包含主要器件如下:201—FPGA 芯片,202—晶振,203、204—FPGA 芯片板插头。图中黑色矩形及圆角矩形是晶振焊接点。FPGA 芯片为 Xilinx 公司 XC3SLX9,引脚数 144。FPGA 芯片的对应引脚引至插头 203、204,通过插头与接口板连接,完成信号采集与控制。

[0057] 光纤陀螺测试过程中:101 与光纤陀螺数据输出接口相连,102 与电源及上位机数据输入接口相连,103 与 SD 卡连接(SD 卡插入方向如图中箭头所示),104 无连接,105、106、107 三只指示灯的亮暗指示不同工作状态;测试完成后通过接口 102 将 SD 卡内存储的光纤陀螺数据发出。电路及程序调试通过接口 104 完成。

[0058] 数据采集系统外壳可由绝热材料制成或直接填充绝热材料,外壳缝隙处安装橡胶密封圈防潮。该设计可以有效避免温度快速变化时水汽凝结导致的电路短路。

[0059] 如图 4 所示,该发明的最佳实施方案的主要步骤是:

[0060] 1、FPGA 芯片对 SD 卡按照时钟模块提供的时钟信号进行初始化,初始化完成后,SD

卡进入 SPI 工作模式,激活 SPI 通信总线;

[0061] 2、读取 SD 卡指定地址内数据,根据地址内数据配置数据采集的发送帧格式、写入帧速度、定时器;

[0062] 3、在 FPGA 芯片中建立一个 2048 字节的缓存区;

[0063] 4、FPGA 芯片通过 SPI 通信总线控制 SD 卡,进行光纤陀螺数据写入和光纤陀螺数据读取,完成数据采集过程。

[0064] 所述步骤 4 中光纤陀螺数据写入和光纤陀螺数据读取的步骤如下:

[0065] 4.1、如果进行光纤陀螺数据写入,操作如下:

[0066] 4.1.1 如果数据量小于缓存区大小,将光纤陀螺数据写入缓存区并启动定时器;

[0067] 4.1.2 定时器到时前如果没有第二次光纤陀螺数据写入,将缓存区内的光纤陀螺数据写入 SD 卡;

[0068] 4.1.3 如果光纤陀螺数据量大于或等于缓存区大小,及时将光纤陀螺数据写入 SD 卡中,向 FPGA 芯片申明缓存区满状态;

[0069] 4.2、如果进行光纤陀螺数据读取,操作如下:

[0070] 4.2.1 光纤陀螺数据占用一个 SD 卡存储块,FPGA 芯片向 SD 卡发送单块读取命令,将 SD 卡存储块内数据写入缓存区,之后按照步骤 2 中配置的发送帧格式将缓存区数据发出;

[0071] 4.2.2 光纤陀螺数据占用多个 SD 卡存储块,FPGA 芯片向 SD 卡发送连续读取命令,将 SD 卡存储块内数据写入缓存区,缓存区满时暂停读取,按照步骤 2 中配置的发送帧格式将缓存区的数据发出,发送完成后,清空缓存区;重复该 4.2.2 步骤直至读取完成。

[0072] 本发明使用 FPGA 芯片控制 SD 卡接口,将接收到的光纤陀螺各项数据快速存入 SD 卡;基于本发明的数据采集系统系统置于测试设备内,光纤陀螺数据直接由采集系统接受,不经过数据转换装置或长数据链路。本发明可以离线高速采集光纤陀螺数据,突破在线数据采集方法对光纤陀螺测试数据传输速度的限制,速度达到 2.5MB/s;环境适应性好,有效提高光纤陀螺测试数据采集可靠性。

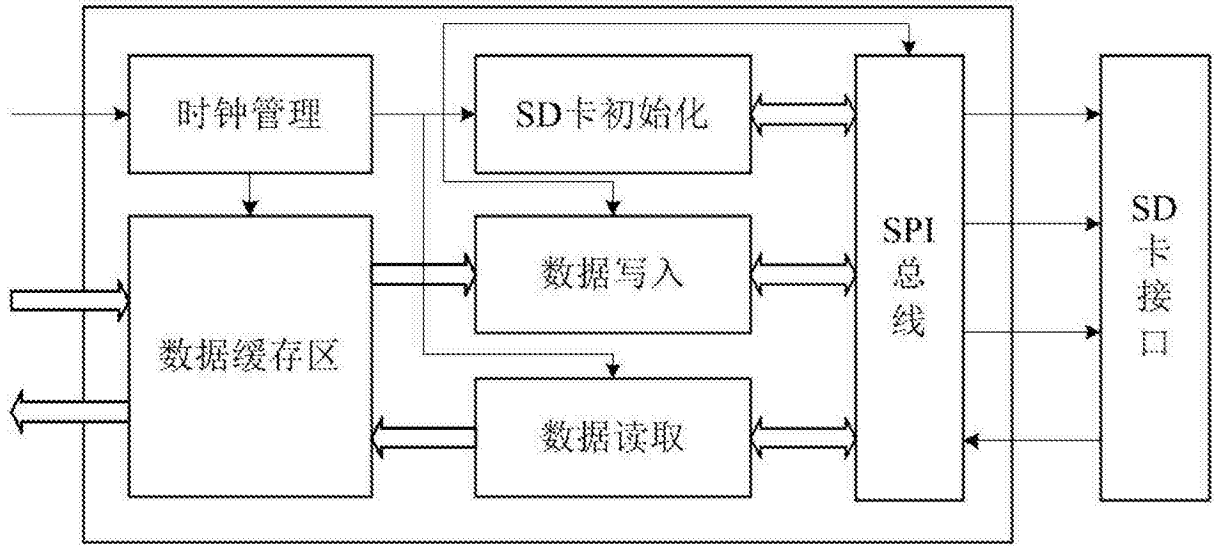


图 1

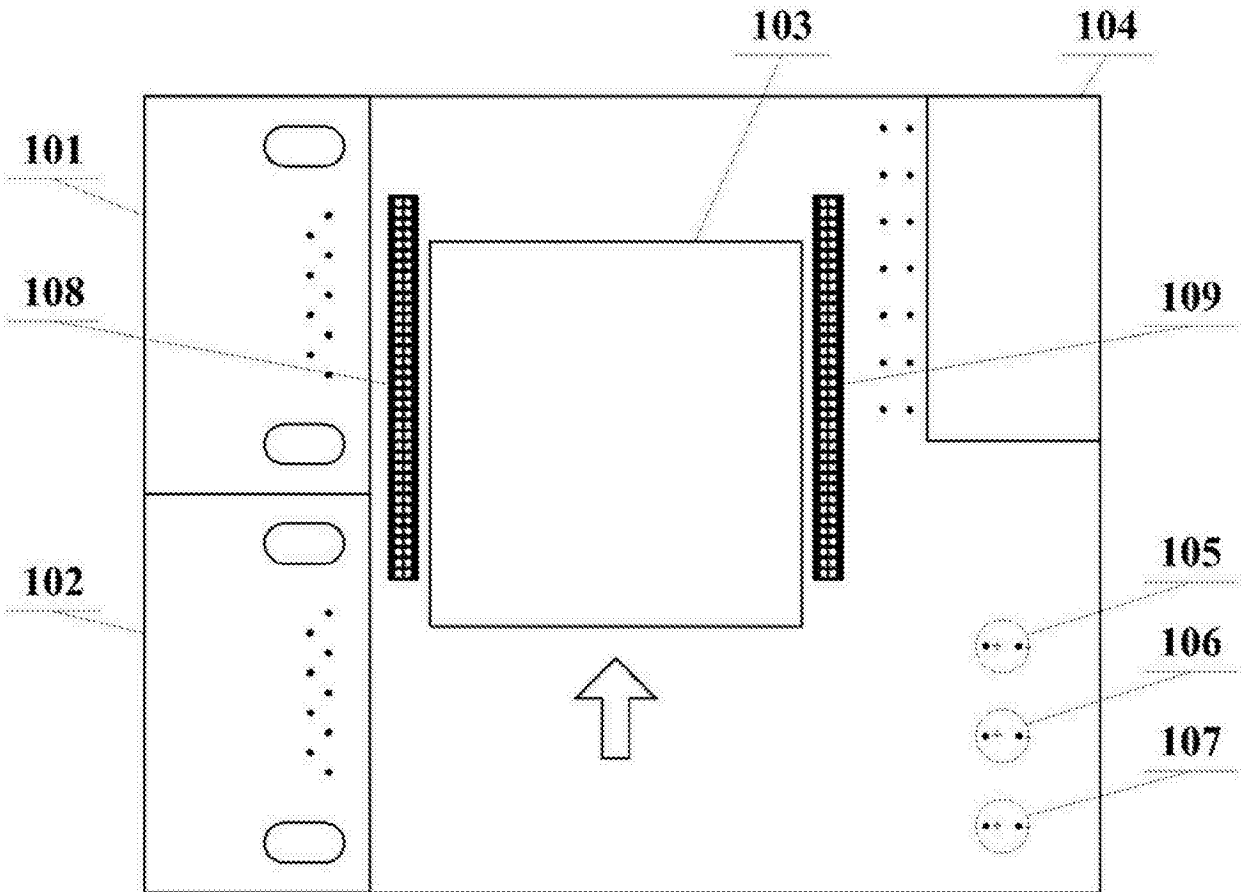


图 2

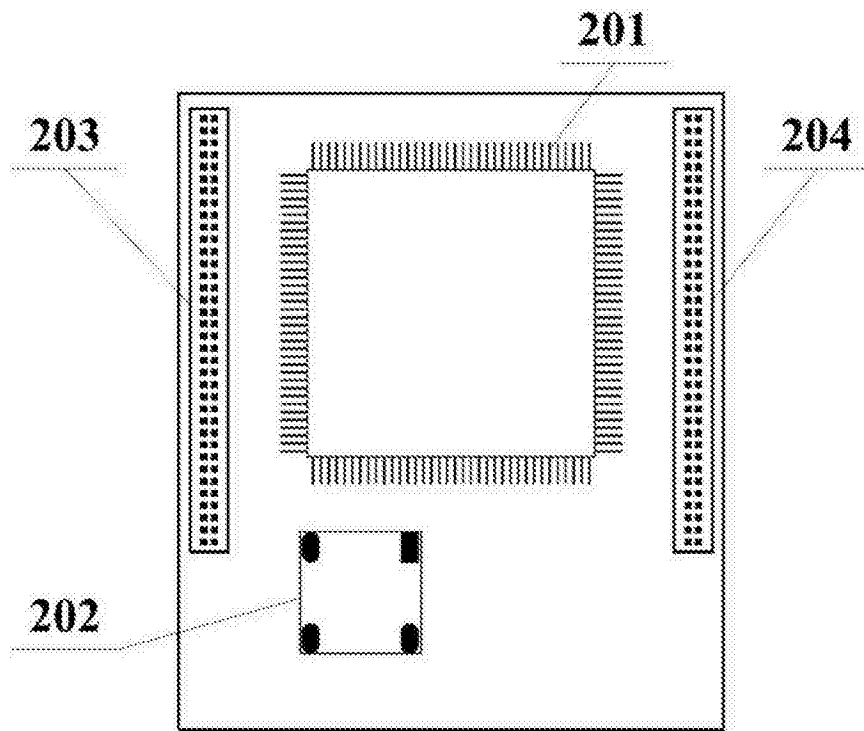


图 3

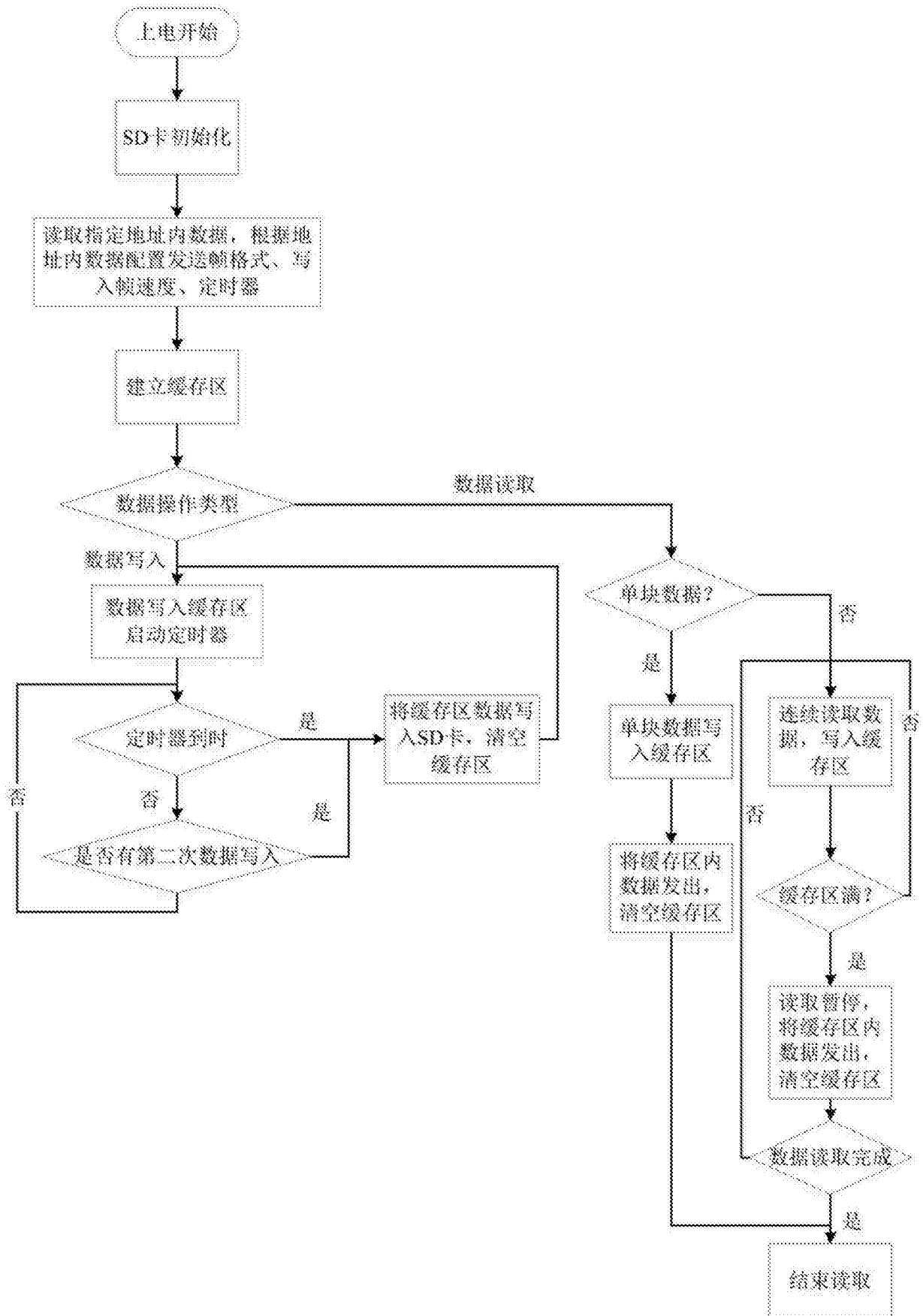


图 4