

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102439532 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 02

(21) 申请号 201080021972. 9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 05. 20

G06F 1/12(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/179, 904 2009. 05. 20 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 11. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/AU2010/000605 2010. 05. 20

(87) PCT申请的公布数据

W02010/132944 EN 2010. 11. 25

(71) 申请人 克罗诺洛吉克有限公司

地址 澳大利亚南澳大利亚州

(72) 发明人 彼得·格雷厄姆·福斯特

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司

公司 11018

代理人 严芬 宋志强

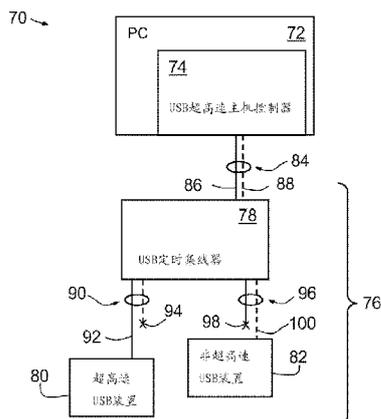
权利要求书 6 页 说明书 16 页 附图 7 页

(54) 发明名称

超高速和非超高速 USB 装置的同步网络

(57) 摘要

一种使多个超高速 USB 装置和多个非超高速 USB 装置的运行同步的方法,该方法包括:为所述多个超高速 USB 装置的每一个建立超高速同步信道;为所述多个非超高速 USB 装置的每一个建立非超高速同步信道;使所述多个超高速 USB 装置的每一个的各个本地时钟同步;使所述多个非超高速 USB 装置的每一个的各个本地时钟同步;和使所述超高速同步信道和非超高速同步信道同步,从而使所述超高速和非超高速装置能同步地运行。



1. 一种使多个超高速 USB 装置和多个非超高速 USB 装置的运行同步的方法,包括:
为所述多个超高速 USB 装置的每一个建立超高速同步信道;
为所述多个非超高速 USB 装置的每一个建立非超高速同步信道;
使所述多个超高速 USB 装置的每一个的各个本地时钟同步;
使所述多个非超高速 USB 装置的每一个的各个本地时钟同步;和
使所述超高速同步信道和非超高速同步信道同步,从而所述超高速装置和非超高速装置能同步地运行。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,包括利用等时传送方法使所述超高速 USB 装置的每一个的所述本地时钟谐振或锁频,所述等时传送方法包括:

在所述主机控制器和所述各个超高速 USB 装置之间打开至少一个等时通信管道;

保证所述各个超高速 USB 装置处于链路状态 U0,以准备接收等时时间戳包 (ITP);

所述主机控制器将多个多播传送周期性等时时间戳包发送到所述等时端点的每一个;

将所述各个超高速 USB 装置在各个本地时钟锁定为来自所述周期性等时时间戳包 (ITP) 的信息;

从而将所述周期性等时时间戳包内包含的时间戳用作基准时间,来使所述各个超高速 USB 装置在各个本地时钟与所述主机控制器的时域谐振,并且利用所述等时时间戳包从所述主机控制器到所述各个超高速 USB 装置的传播时间,来使所述各个本地时钟同步或相位对准。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,进一步包括:

确定和补偿所述各个超高速 USB 装置的所述各个本地时钟由于所述等时时间戳包从所述主机控制器或 USB 集线器到所述各个超高速 USB 装置的相对传播时间所引起的相位误差。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,包括另外利用不用的非超高速信号导线使所述超高速 USB 装置的每一个的各个本地时钟谐振或锁频,包括:

在上游 USB 主机控制器或 USB 集线器处,将附加的同步信息多路复用到高速 USB D+ 和 D- 数据信令线路上;

在所述超高速 USB 装置的上游端口处,多路分离来自 D+/D- 信令线路的同步信息;和

将所述各个超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到所述同步信息。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,其中所述同步信息包括触发信号、时钟信号和时钟相位信息。

6. 根据权利要求 4 所述的方法,进一步包括:

确定和补偿所述各个超高速 USB 装置在各个本地时钟由于所述同步信息从所述主机控制器或 USB 集线器到所述各个超高速 USB 装置的每一个的相对传播时间所引起的相位误差。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,使所述非超高速 USB 装置在各个本地时钟同步包括:

监控在所述各个非超高速 USB 装置本地的 USB 数据通信流;

对来自所述 USB 数据流的多个周期性信号结构解码;

将所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到来自所述周期性信号结构的信息；

从而将所述周期性信号结构用作基准时间，来使所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟与所述主机控制器的时域谐振，并且利用所述周期性信号结构从所述主机控制器到所述各个非超高速 USB 装置的各个传播时间，来使所述本地时钟同步或相位对准。

8. 根据权利要求 7 所述的方法，进一步包括：

确定和补偿所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟由于所述周期性信号结构从所述主机控制器或 USB 集线器到所述各个非超高速 USB 装置的各个相对传播时间所引起的相位误差。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的方法，其中，所述周期性信号结构包括 USB 帧起始包。

10. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法，其中，使所述超高速同步信道和非超高速同步信道同步包括：

在所述非超高速同步信道的时域中，确定各个第一等时数据包和等时时间戳包从所述主机控制器到所述各个超高速 USB 装置的每一个的各自传输时间；

向所述主机控制器报告所述各自传输时间；和

所述主机控制器在所述超高速 USB 装置的各个时域和所述非超高速 USB 装置的时域之间创建映射；和

使所述超高速 USB 装置的各个 USB 装置功能电路的多个运行或事件的每一个的各个本地时间与所述主机控制器的时域匹配；

从而所述运行或事件的每一个能被反向映射到所述非超高速 USB 装置的时域。

11. 一种使 USB 网络中多个超高速 USB 装置和非超高速 USB 装置的各个本地时钟同步的方法，该 USB 网络包括多个 USB 集线器、一个以上的超高速 USB 装置和一个以上的非超高速 USB 装置，该方法包括：

确定所述 USB 网络的连接布局；

在所述 USB 网络的最上方 USB 集线器处建立非超高速同步信道；

在所述 USB 网络的每个网络支路中识别在其各个子网络中不包含任何非超高速 USB 装置的各个最高 USB 集线器端口，每个各个最高 USB 集线器端口被设置于每个所述网络支路的对应的最高 USB 集线器中；

建立从所述各个最高 USB 集线器端口到每个所述超高速 USB 装置的各个超高速同步信道，每个所述超高速 USB 装置附接到所述各个最高 USB 集线器端口；

使所述各个最高 USB 集线器的各个本地时钟通过它们各自的上游非超高速同步信道同步；

使所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟通过各自的非超高速同步信道同步；和

使所述各个超高速 USB 装置的所述本地时钟通过所述各自的超高速同步信道同步；

从而使所述超高速同步信道与在其各个网络支路中对应的各个所述最高 USB 集线器的时间概念同步，并且使所述最高 USB 集线器的各个本地时钟与非超高速同步信道同步。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，包括另外利用不用的非超高速信号导线使所述超高速 USB 装置的所述各个本地时钟的每一个谐振或锁频，包括：

在上游 USB 主机控制器或 USB 集线器处，将附加的同步信息多路复用到高速 USB D+ 和

D- 数据信令线路上；

在所述超高速 USB 装置的上游端口处，多路分离来自 D+ 和 D- 信令线路的同步信息；和
将所述各个超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到所述同步信息。

13. 根据权利要求 12 所述的方法，进一步包括：

确定和补偿所述本地时钟由于所述同步信息从所述 USB 主机控制器或 USB 集线器到所述多个 USB 装置的每一个的相对传播时间所引起的相位误差。

14. 根据权利要求 11 所述的方法，包括使所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟同步包括：

监控在所述非超高速 USB 装置的每一个本地的 USB 数据通信流；

对来自所述 USB 数据流的多个周期性信号结构解码；

将所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到来自所述周期性信号结构的信息；

从而将所述周期性信号结构（优选为 USB 帧起始包）用作基准时间，来使所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟与所述主机控制器的时域谐振，并且利用所述周期性信号结构自所述主机控制器的相对传播时间而使所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟同步或相位对准。

15. 根据权利要求 14 所述的方法，其中，所述周期性信号结构包括 USB 帧起始包。

16. 根据权利要求 14 所述的方法，进一步包括：

确定和补偿所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟由于所述周期性信号结构从所述 USB 主机控制器或 USB 集线器到所述各个非超高速 USB 装置的相对传播时间所引起的相位误差。

17. 根据权利要求 11 所述的方法，进一步包括：

使所述 USB 集线器和所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到或同步于基本相同的频率；

测量非超高速信号从所述最上方 USB 集线器到所述最高 USB 集线器和非超高速 USB 装置的每一个的各个往返传播时间；

确定非超高速信号到所述 USB 集线器和非超高速 USB 装置的每一个的各个下游传播时间或相对下游传播时间；

同步或调节所述 USB 集线器的所述本地时钟的每一个的相位和包含在所述非超高速同步信道中的所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟的每一个的相位；和

为所述 USB 装置的每一个提供公共的时间概念。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，包括另外利用不用的非超高速信号导线使所述超高速 USB 装置的所述各个本地时钟谐振于或锁频到所述最高 USB 集线器，包括：

在上游 USB 主机控制器或 USB 集线器处，将附加的同步信息多路复用到高速 USB D+ 和 D- 数据信令线路上；

在所述各个超高速 USB 装置的上游端口处，多路分离来自 D+/D- 信令线路的同步信息；

将所述超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到所述同步信息，

其中，所述附加的同步信息由所述最上方 USB 集线器的所述本地时钟产生，从而使所

述超高速 USB 装置的所述各个本地时钟与所述非超高速同步信道的的时间概念同步。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,进一步包括:

确定和补偿所述超高速 USB 装置的所述本地时钟由于所述附加的同步信息从所述各个最高 USB 集线器到所述各个超高速 USB 装置的相对传播时间所引起的相位误差。

20. 一种用于使 USB 网络中一个以上的超高速 USB 装置和一个以上的非超高速 USB 装置同步的设备,包括:

具有超高速 USB 上游端口的 USB 集线器;

多个超高速 USB 下游端口;

适于执行 USB 3.0 集线器功能的 USB 集线器功能电路,该功能提供到所述上游端口和到所述多个下游端口的连接;和

至少一个 USB 装置功能电路,所述 USB 装置功能电路被连接至所述下游端口中的一个;

解码电路,用于在所述上游端口处对来自非超高速 USB 数据流的周期性信号结构解码;

谐振器电路,适于使所述设备的本地时钟与所述周期性信号结构谐振;

适于使所述本地时钟与外部的时间概念同步的同步器;

适于产生所述本地时钟所参考的附加的同步信息的电路;和

能操作以选择性地使所述设备的每个下游 USB 端口的下游非超高速 D+/D- 数据信令线路从它们各个 USB 集线器功能元件下游端口失效的电路;

多路复用器,用于在所述多个下游 USB 连接器的每一个处将来自所述本地时钟的所述附加的同步信息多路复用到所述下游 D+/D- 信令线路上,能操作以将所述非超高速 USB D+/D- 信号引导向具有附接的非超高速装置的任意下游 USB 连接器,并将所述附加的同步信息引导向具有附接的超高速 USB 装置的任意所述下游 USB 连接器;和

定时器,适于确定信号从所述设备到一个以上附接的下游 USB 装置的各个往返时间间隔;

其中,所述 USB 装置功能电路适于将由定时器确定的所述往返时间间隔传输到所述 USB 网络的 USB 主机控制器。

21. 根据权利要求 20 所述的设备,其中,所述 USB 装置功能电路适于执行非超高速装置功能。

22. 根据权利要求 20 所述的设备,其中,所述 USB 装置功能电路适于执行超高速装置功能。

23. 根据权利要求 20 至 22 中任一项所述的设备,其中,所述外部时间概念由所述 USB 主机控制器提供。

24. 根据权利要求 20 至 23 中任一项所述的设备,其中,所述同步器还适于使所述本地时钟与外部接口谐振。

25. 根据权利要求 24 所述的设备,适于从所述外部接口接收所述外部时间概念。

26. 根据权利要求 24 或 25 所述的设备,其中,所述外部接口包括 GPS 时钟、PXI 机箱槽 1 时序控制器、以太网接口、IEEE-1588 精确时间协议以太网、网络时间协议以太网、原子钟或靶场间仪器组 (IRIG) 接口中的任意一个或多个。

27. 根据权利要求 20 至 26 中任一项所述的设备,进一步包括:
USB 主机控制器功能元件,适于连接到所述 USB 集线器的所述上游端口。
28. 根据权利要求 20 至 27 中任一项所述的设备,其中,所述谐振器电路包括:
用于观测在任意附接的 USB 装置的各个连接点或下游端口本地的 USB 数据流的电路;
用于对来自所述 USB 数据流的周期性信号结构解码的电路;
用于对来自所述 USB 数据流的周期性数据结构解码而在所述设备本地产生事件信号的电路;
用于相对于所述事件信号的频率锁定所述本地时钟的频率的电路。
29. 一种用于向一个以上超高速连接的 USB 装置提供同步信号的设备,该设备包括:
包含超高速 USB 上游端口的 USB 集线器;和
多个超高速 USB 下游端口;
时钟或时钟电路;
适于产生所述本地时钟所参考的同步信息的电路;
能操作以将所述同步信息多路复用到选定的一个以上所述下游端口的 D+/D- 信令线路上,USB 装置以超高速 USB 模式被附接和连接到选定的一个以上所述下游端口。
30. 一种使以超高速模式连接的 USB 装置的时钟与附接到该 USB 装置的 USB 集线器的时钟同步的方法,该方法包括:
从所述 USB 集线器的所述时钟产生同步信息;
将所述同步信息多路复用到所述 USB 装置所附接到的所述 USB 集线器的下游端口的不用的 D+/D- 信令线路上;
使所述 USB 装置的所述时钟与所述同步信息同步;
从而使所述 USB 装置连接到主机控制器并通过所述 USB 集线器利用超高速 USB 协议与主机控制器通信,并且同时与所述 USB 集线器的所述时钟的时间概念同步。
31. 根据权利要求 30 所述的方法,其中,所述同步信息包括所述 USB 集线器的所述时钟能与其谐振的谐振信息。
32. 根据权利要求 30 或 31 所述的方法,其中,所述谐振信息包括周期性信号。
33. 根据权利要求 30 至 32 中任一项所述的方法,其中,所述同步信息包含所述 USB 集线器的所述时钟的时间概念。
34. 根据权利要求 30 至 33 中任一项所述的方法,其中,所述同步信息包括一个以上的触发信号。
35. 根据权利要求 30 至 34 中任一项所述的方法,进一步包括确定从所述 USB 集线器到所述 USB 装置的信号传播时间。
36. 根据权利要求 35 所述的方法,其中,根据所述信号传播时间的确定而对所述 USB 装置的所述时钟的相位进行调节。
37. 一种使公共 USB 网络的超高速 USB 装置和非超高速 USB 装置的相位同步的方法,包括:
使所述非超高速 USB 装置的本地时钟相对于周期性帧起始包谐振;
使所述超高速 USB 装置的本地时钟相对于周期性等时时间戳包谐振;
确定在基本接近所述 USB 网络的顶部的点和所述非超高速 USB 装置之间的非超高速传

播时间；

确定在基本接近所述 USB 网络的顶部的点和所述超高速 USB 装置之间以及返回的超高速传播时间；

确定所述超高速传播时间和所述非超高速传播时间之间的差；和

根据所述超高速传播时间和所述非超高速传播时间之间的所述差调节所述本地时钟的相位。

38. 根据权利要求 37 所述的方法，其中，所述非超高速传播时间被确定为单向或往返传播时间。

39. 根据权利要求 37 或 38 所述的方法，其中，所述超高速传播时间被确定为单向或往返传播时间。

40. 根据权利要求 37 至 39 中任一项所述的方法，进一步包括：

使又一非超高速 USB 装置的本地时钟相对于周期性帧起始包谐振；

确定在基本接近所述 USB 网络的顶部的点和所述又一非超高速 USB 装置之间的又一非超高速传播时间；

确定所述超高速传播时间和所述又一非超高速传播时间之间的差；和

根据所述超高速传播时间和又一非超高速传播时间之间的所述差调节所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟的相位。

41. 根据权利要求 37 至 40 中任一项所述的方法，进一步包括：

使又一超高速 USB 装置的本地时钟相对于周期性帧起始包谐振；

确定在基本接近所述 USB 网络的顶部的点和所述又一超高速 USB 装置之间的又一超高速传播时间；

确定所述又一超高速传播时间和所述非超高速传播时间之间的差；和

根据所述又一超高速传播时间和所述非超高速传播时间之间的所述差调节所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟的相位。

超高速和非超高速 USB 装置的同步网络

技术领域

[0001] 本发明涉及一种提供基于版本 3 的通用串行总线 (USB) 架构 (或 USB3.0) 的、具有连通性的同步和时序系统的方法和设备,该系统具体地但决不是排它地用于提供在本地环境或分布式方案中以必要的任意程度同步的测试和测量设备、仪器接口和过程控制设备的时钟、数据采集以及自动化和控制。

背景技术

[0002] 版本 2.0 的 USB 规范和包括版本 2.0 的 USB 规范旨在以开放的架构促进来自不同厂商的装置的互操作。超高速 USB 数据利用采用两条导线的信号电平之差的形式的差分信号 (即其中这两条导线传送信息) 来编码。USB 2.0 规范旨在作为对 PC 架构、跨越便携的环境、台式和家用环境的增强。

[0003] 不过,USB 是用户集中的,因此 USB 2.0 规范缺少用于使装置同步达到任意高精度的机制。几种提案曾尝试去解决这种和其它的不足。例如,第 6,343,364 号美国专利 (Leydier 等人) 公开了一种对被引导到智能卡读取器的 USB 通信流进行频率锁定的实施例。该文件披露了与 USB SYNC 和包 ID 流比较的本地、自由运行的时钟;其周期被更新以匹配这个频率,从而产生 1.5MHz 的标称频率的本地时钟。这提供了足以将智能卡信息读取到主机 PC 内的同步程度,但这种方法面向智能卡读取器,因而不能解决装置间的同步。

[0004] WO 2007/092997 (Foster 等人) 公开了允许在 USB 装置上产生精确的时钟频率、而不考虑主机 PC 中时钟的精确性的同步 USB 装置。USB SOF 包被 USB 装置解码,并被处理作为时钟载波信号,而不是充当时钟基准。

[0005] 载波信号,一旦从 USB 通信流被解码,将与比例因子 (scaling factor) 结合以产生同步信息,从而合成时钟频率精确控制的本地时钟信号。以这种方式,相比载波信号的有点不确定的频率,本地时钟信号的频率可更加精确。

[0006] 据说这种布置能够产生达到任意高频的本地时钟信号,例如几十兆赫的时钟频率,因此能够确保连接至给定 USB 的每个装置的本地时钟在频率上同步。第 10/620,769 号美国申请也披露了一种方法和设备,从而通过测量信号从主机到每个装置的传播时间并在每个 USB 装置上提供时钟相位补偿以进一步使多个本地时钟在相位上同步。

[0007] 美国专利申请 12/279,328 (Foster 等人) 披露了多个 USB 装置的本地时钟与从另一个接口接收的时间基准同步。在一个实施方式中,USB 装置包含本地时钟,该本地时钟与使用 IEEE-1588 协议经过以太网而外部提供的时间标记同步。在又一个实施方式中,USB 装置的时钟与来自全球定位系统 (GPS) 同步化时钟的时间基准同步。

[0008] 所有上面的系统都适用于常规的 USB 2.0,并同样地限于几个领域中。由于设备响应超时,USB 2.0 在范围上被限制。这是 USB 主机控制器响应来自所述 USB 主机控制器的请求而分配从给定的 USB 装置接收信号的时间窗。因此 USB 2.0 的物理长度接近 25m。

[0009] 2008 年 11 月发布了 USB 3.0 规范,其也关注于消费者应用。USB 3.0 规范对 USB 架构做出了显著的改变。具体来说,上述的背景技术同步配置将不适用于新的 5Gb/s 协议

(称作“超高速 USB”),因为该协议废除了用于 SOF 包的广播机制。

[0010] USB 3.0 在同一连接电缆上限定了两个并行且独立的 USB 总线。首先,USB 2.0 总线(对于后面的兼容性)保持不变并提供低速(1.5Mb/s)、全速(12Mb/s)和高速(480Mb/s)协议。第二总线—对于 5Gb/s 通信流—提供超高速 USB。除了总线到给定 USB 装置的操作是互斥的之外,这些总线独立地工作。也就是说,如果超高速连接是可能的,则 USB 2.0 总线就与该装置断开。

[0011] 在图 1 中以 10 来示意性描述 USB 3.0 的双总线架构。包括 USB 主机控制器 14 的个人计算机 12 通过第一 USB 3.0 从属电缆(compliant cable)18 被连接到 USB 3.0 集线器 16;USB 3.0 装置 20 通过第二 USB 3.0 从属电缆 24 被连接到 USB 3.0 集线器 16 的下游端口 22。

[0012] USB 主机控制器 14 包括 USB 2.0 主机 26 和超高速主机 28 两者。这两个主机 26、28 彼此独立,且每个主机 26、28 能够连接多达 127 个装置(包括集线器)。USB 3.0 从属电缆为复合电缆,包含 USB 2.0 从属电缆和一串能够传送超高速信号的屏蔽导线。于是,USB 3.0 从属电缆 18 包括 USB 2.0 从属电缆 30 和屏蔽导线 32。

[0013] USB 3.0 集线器 16 包含 USB 2.0 集线器功能元件 34 和超高速集线器功能元件 36,每个功能元件通过复合电缆 18 都被直接地连接到其各自的主机 26、28。USB 3.0 装置 20 包含 USB 2.0 装置功能元件 38 和超高速装置功能元件 40,每个功能元件通过复合电缆 24 都向后连接到其各自的 USB 3.0 集线器 16 的集线器功能元件 34、36。

[0014] 在列举的 USB 3.0 装置 20 处,超高速主机 28 针对超高速装置功能元件(40)的存在进行检查。如果发现超高速装置,则建立连接。如果未发现超高速装置(如仅将 USB 2.0 装置连接到端口 22 的情况),则 USB 2.0 主机 26 针对 USB 2.0 装置功能元件(38)在装置 20 中的存在进行检查。一旦主机控制器 14 确定哪个装置功能元件被连接,则其指示 USB 3.0 集线器 16 对应于是 USB 2.0 装置功能元件 38 还是超高速装置功能元件 40 被附接而仅仅启动下游端口 22 的通信。这意味着在任意一个时间两个并行总线中仅仅一个与例如 USB 3.0 装置 20 的终端装置处于操作状态。

[0015] 此外,超高速 USB 具有不同于 USB 2.0 总线的架构。由于高比特率,相当高速的通信系统消耗了大量的能量。超高速 USB 的设计要求是较低的功耗以延长用户装置的电池寿命。这已导致 USB 2.0 的先前广播设计发生改变:超高速不是广播总线,而是将通信包指向系统中特定的节点,并切断空闲链路上的通信。

[0016] 这严重影响了例如第 12/279,328 号美国专利申请的同步配置的任意扩展,该美国专利申请的用于同步装置的方法和设备是基于在总线上被传递至每个装置的广播时钟载波信号,该信号不适于超高速 USB。

[0017] 超高速集线器功能元件起着装置到主机(或上游端口)和主机到装置(或下游端口)的作用。这意味着超高速集线器功能元件起着缓冲和调度其下游端口上的交易的作用,而不仅仅起着中继器的作用。同样地,超高速集线器功能元件也起着调度上游端口上的交易的作用。因此,负荷重的集线器功能元件会在通过系统传输包时增加显著的非确定性延迟。这也阻止了例如第 12/279,328 号美国专利申请的 USB 2.0 同步配置在超高速 USB 上操作的使用。

[0018] USB 2.0 不成熟的等时同步在 USB 3.0 规范中显著得到了改善。打开主机控制

器和 USB 装置之间的等时通信管道保证在每个服务间隔中通信管道的固定带宽分配。USB 3.0 的等时协议包含所谓的等时时间戳包 (ITP), 该时间戳包以稍微规则的间隔被发送到每个等时端点, 并且包含在主机控制器的时域中由 USB 主机物理层 (Phy) 进行的 ITP 交易的开始的时间戳。该等时时间戳包精确到大约 25ns。超高速 USB 切断空闲链路以保存能量, 但为了接收等时时间戳包, 链路必须是有源的。因此, 主机控制器必须保证在等时时间戳包的传输之前到装置的所有链路处于完全有源模式 (称作电源状态 U0)。

[0019] 遗憾的是, 等时时间戳包会在沿着 USB 网络的传播中被延迟。USB 3.0 也未提供确定包在超高速 USB 中的传播时间的方法, 因此没有方法精确地知道在不同 USB 装置上的时域之间的相位关系。期望几百纳秒的相位差为最佳情况, 利用超高速 USB 使其对于仪器化或其他精度时序要求是不切合实际的。

[0020] 第 5, 566, 180 号美国专利 (Eidson 等人) 公开了一种同步时钟的方法, 其中通信网络上的一串装置互相传送它们的本地时间, 且由消息群确定网络传播时间。Eidson 的进一步公开 (第 6, 278, 710、6, 665, 316、6, 741, 952 和 7, 251, 199 号美国专利) 扩展了这种概念, 但仅仅致力于其中同步消息的恒流经由因特网在分布式仪器网络的每个节点之间传递的同步配置。这样连续的发送消息消耗了带宽, 并且将可能的同步化的精确度限制到在点对点的布置中为几百纳米秒和在常规的交流式子网中为更低的精确度 (通常微秒)。

[0021] 应当理解的是, 在本公开中术语“时钟信号”和“同步”用于指代时钟信号、触发信号、延迟补偿信息以及传播时间测量信息。还应当理解的是, 在本公开中“时间的概念”用于表示出现时间 (epoch) 或“实际时间”, 也可用于指代时钟信号和相关出现时间的结合。

发明内容

[0022] 本发明的一般目的是根据 USB3 规范实现多个 USB 装置的精确性同步, 达到预定义的最大值。

[0023] 具体地, 在第一广义方面, 本方面提供一种使多个超高速 USB 装置和多个非超高速 USB 装置的运行同步的方法, 包括:

[0024] 为所述多个超高速 USB 装置的每一个建立超高速同步信道;

[0025] 为所述多个非超高速 USB 装置的每一个建立非超高速同步信道;

[0026] 使所述多个超高速 USB 装置的每一个的各个本地时钟同步;

[0027] 使所述多个非超高速 USB 装置的每一个的各个本地时钟同步; 和

[0028] 使所述超高速同步信道和非超高速同步信道同步, 从而所述超高速和非超高速装置能同步地运行。

[0029] 因此, 本发明允许超高速连接的 USB 装置和非超高速连接的 USB 装置在公共 USB 上的同步运行。

[0030] 因此, 该方法允许例如超高速等时时序与非超高速 (或高速) S0F 时序的同步。

[0031] 在一个实施方式中, 该方法包括利用等时传送方法使所述超高速 USB 装置的每一个的所述本地时钟谐振或锁频, 所述等时传送方法包括:

[0032] 在所述主机控制器和所述各个超高速 USB 装置之间打开至少一个等时通信管道;

[0033] 保证所述各个超高速 USB 装置处于链路状态 U0, 以准备接收等时时间戳包 (ITP);

[0034] 所述主机控制器将多个多播传送周期性等时时间戳包发送到所述等时端点的每一个；

[0035] 将所述各个超高速 USB 装置的各个本地时钟锁定为来自所述周期性等时时间戳包 (ITP) 的信息；

[0036] 从而将所述周期性等时时间戳包内包含的时间戳用作基准时间, 来使所述各个超高速 USB 装置的各个本地时钟与所述主机控制器的时域谐振, 并且利用所述等时时间戳包从所述主机控制器到所述各个超高速 USB 装置的传播时间, 来使所述各个本地时钟同步或相位对准。

[0037] 该方法可以进一步包括确定和补偿所述各个超高速 USB 装置的所述各个本地时钟由于所述等时时间戳包从所述主机控制器或 USB 集线器到所述各个超高速 USB 装置的相对传播时间所引起的相位误差。

[0038] 在某些实施方式中, 该方法包括另外利用不用的非超高速信号导线使所述超高速 USB 装置的每一个的所述各个本地时钟谐振或锁频, 包括:

[0039] 在上游 USB 主机控制器或 USB 集线器处, 将附加的同步信息多路复用到高速 USB D+ 和 D- 数据信令线路上;

[0040] 在所述超高速 USB 装置的上游端口处, 多路分离来自 D+/D- 信令线路的同步信息; 和

[0041] 将所述各个超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到所述同步信息。

[0042] 所述同步信息可包括触发信号、时钟信号和时钟相位信息。

[0043] 根据该实施方式, 该方法可以进一步包括确定和补偿所述各个超高速 USB 装置的所述各个本地时钟由于所述同步信息从所述主机控制器或 USB 集线器到所述各个超高速 USB 装置的每一个的相对传播时间所引起的相位误差。

[0044] 在另一个实施方式中, 使所述非超高速 USB 装置的各个本地时钟同步包括:

[0045] 监控在所述各个非超高速 USB 装置本地的 USB 数据通信流;

[0046] 对来自所述 USB 数据流的多个周期性信号结构解码;

[0047] 将所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到来自所述周期性信号结构的信息;

[0048] 从而将所述周期性信号结构用作基准时间, 来使所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟与所述主机控制器的时域谐振, 并且利用所述周期性信号结构从所述主机控制器到所述各个非超高速 USB 装置的各个传播时间, 来使所述本地时钟同步或相位对准。

[0049] 该方法还可以进一步包括确定和补偿所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟由于所述周期性信号结构从所述主机控制器或 USB 集线器到所述各个非超高速 USB 装置的各个相对传播时间所引起的相位误差。

[0050] 所述周期性信号结构可以包括 USB 帧起始包。

[0051] 在具体实施方式中, 使所述超高速同步信道和非超高速同步信道同步包括:

[0052] 在所述非超高速同步信道的时域中, 确定各个第一等时数据包和等时时间戳包从所述主机控制器到所述各个超高速 USB 装置的每一个的各自传输时间;

[0053] 向所述主机控制器报告所述各自传输时间; 和

[0054] 所述主机控制器在所述超高速 USB 装置的各个时域和所述非超高速 USB 装置的时

域之间创建映射 ;和

[0055] 使所述超高速 USB 装置的各个 USB 装置功能电路的多个运行或事件的每一个的各个本地时间与所述主机控制器的时域匹配 ;

[0056] 从而所述运行或事件的每一个能被反向映射到所述非超高速 USB 装置的时域。

[0057] 可规定等时传送以特定的 USB 帧 (或微帧) 开始。上述的这个方面的方法可包括在非超高速同步信道的时域中确定多个等时时间戳包到多个超高速 USB 装置的每一个的传输时间 (时间戳), 从而提供更多关于时域之间的映射的信息, 这对本领域技术人员来说是显然的。

[0058] 多个非超高速 USB 装置可包含有线非超高速 USB 装置或无线 USB 装置, 这对本领域技术人员来说也是显然的。在这种情况下, 基于帧起始的同步方案 (例如上述背景技术的那些) 将可同样地适用, 并且无线 USB 可用作本发明中披露的任意非超高速同步信道的同步信道。

[0059] 超高速 USB 装置的本地时钟的同步或相位对准可通过利用 USB 装置特征设置等时延迟 (Set Isochronous Delay) 或通过调节所述本地时钟的相位的任意其它方法而实现。

[0060] 根据第二广义方面, 本发明提供一种使 USB 网络中多个超高速 USB 装置和非超高速 USB 装置的各个本地时钟同步的方法, 该 USB 网络包括多个 USB 集线器、一个以上的超高速 USB 装置和一个以上的非超高速 USB 装置, 该方法包括 :

[0061] 确定所述 USB 网络的连接布局 ;

[0062] 在所述 USB 网络的最上方 USB 集线器处建立非超高速同步信道 ;

[0063] 在所述 USB 网络的每个网络支路中识别在其各个子网络中不包含任何非超高速 USB 装置的各个最高 USB 集线器端口, 每个各个最高 USB 集线器端口被设置于每个所述网络支路的对应的最高 USB 集线器中 ;

[0064] 建立从所述各个最高 USB 集线器端口到附接到其上的每个所述超高速 USB 装置的各个超高速同步信道 ;

[0065] 使所述各个最高 USB 集线器的各个本地时钟通过它们各自的上游非超高速同步信道同步 ;

[0066] 使所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟通过各自的非超高速同步信道同步 ;和

[0067] 使所述各个超高速 USB 装置的所述本地时钟通过所述各自的超高速同步信道同步 ;

[0068] 从而使所述超高速同步信道与在其各个网络支路中对应的各个所述最高 USB 集线器的时间概念同步, 并且使所述最高 USB 集线器的各个本地时钟与非超高速同步信道同步。

[0069] 在一个实施方式中, 该方法包括另外利用不用的非超高速信号导线使所述超高速 USB 装置的所述各个本地时钟的每一个谐振或锁频, 包括 :

[0070] 在上游 USB 主机控制器或 USB 集线器处, 将附加的同步信息多路复用到高速 USB D+ 和 D- 数据信令线路上 ;

[0071] 在所述超高速 USB 装置的上游端口处, 多路分离来自 D+ 和 D- 信令线路的同步信息 ;和

[0072] 将所述各个超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到所述同步信息。

[0073] 该方法还可包括确定和补偿所述本地时钟由于所述同步信息从所述 USB 主机控制器或 USB 集线器到所述多个 USB 装置的每一个的相对传播时间所引起的相位误差。

[0074] 附加的同步信息通常包括计时、绝对时间基准和触发信号。

[0075] 因此,该方法允许通过 USB 2.0 导线为超高速 USB 装置提供同步信道(包括同步计时、绝对时间基准和触发信号)。同步信道提供了主要用于同步 USB 的范围的机制。背景技术系统依赖于帧起始(SOF)包在高速 USB 2.0 上的传输,但该系统的范围有限。USB 2.0 标准定义了经过 USB 集线器具有 5 层扩展的分层星型拓扑,且每层最大的电缆长度为 5m,因此总的分布范围为 25m。这是由于在 USB 2.0 协议下用于每个装置的有限的通信窗口,在其中对于所有业务都具有通信超时时段,并且主机控制器必须在从主机请求传输起的特定时间段内从 USB 装置接收应答。根据本发明的这个方面,利用 USB2SOF 包实现不了同步。相反地,使到 USB 装置的 USB 2.0 通信失效,且将专用的同步信息多路复用到断开的 USB2 导线上。关于 USB3 的超时限制是提供大约几十公里的物理范围的毫秒级。出于所有意图和目的,这种同步信道的物理范围仅由传输层的选择来确定。

[0076] USB 电缆在通向多个 USB 装置中每一个的下游通路中可包括多个电缆段和多个 USB 集线器。

[0077] 信令线路通常采用导电对的形式,并且可包括铜电缆(其符合 USB 3.0 规范)。可替代地,信令线路可包括具有铜导线和光纤导线的混合电缆或只是光纤导线。

[0078] 其它同步信息也可经 USB D+/D- 数据信令线路而被传输,这对本领域技术人员来说是显然的,且该实施方式不限制同步信息的范围。

[0079] 在一个实施方式中,上游连接点是含有用于 USB 扩展的多个连接点的 USB 集线器。优选地,USB 集线器包含精确定时基准或同步于外部精确定时基准的本地时钟。

[0080] 在另一个实施方式中,该方法包括由在 USB 集线器处的电路产生同步信息。该同步信息可由在 USB 集线器处的电路从外部源接收,例如全球定位系统(GPS)参考时钟源、原子钟、以太网(例如采用网络时间协议(NTP)或 IEEE-1588 精确时间协议(PTP)的形式)、无线同步机制、小型 PCI 仪器系统、PXI 仪器系统、VXI 仪器系统或另一个仪器系统。以这种方式,同步信道能够通过分布很广的网络提供精确到外部基准时钟的精确定时基准。

[0081] 在一个实施方式中,同步桥(在多个总线之间的桥接)包括在个人计算机系统内使用的插入式电路板。在又一个实施方式中,所述同步桥包括用于诸如小型 PCI、PXI、PXI-express、VXI、VME 之类的仪器系统或其它仪器系统的插入式电路板。在 PXI 和 PXI-express 的情况中最为特别地是,所述同步桥优选地被用于槽 1 时序控制器卡槽以通过所述 PXI 或 PXI-express 仪器机箱实现同步。此外,所述同步桥可包括使所述超高速 USB 与无线 USB 网络或利用各种协议的另一类型网络的无线网络同步的电路。

[0082] 在另一个实施方式中,所述同步桥包括家庭娱乐系统,从而音频流和视频流被同步,且通过最显著利用精确时间协议(PTP)或 IEEE-1588 的多个总线,例如超高速 USB 和以太网被分布。在这种情况下,例如用于家庭影院或游戏应用的视听信息被所述桥解码(或也可被另一个部件解码且被传送到所述桥),以通过多个同步网络进行传递。虽然对本领域技术人员来说其它实施方式是显然的,但在优选实施方式中,视频流通过与传输所述音频流的所述以太网同步的所述超高速 USB 被传递。

[0083] 同步信息可以时域多路复用的方式而被分布,其中同步信息不同组成部分在同

步信道的总通信带宽内占据它们自己各自的时隙。例如，周期性时钟载波信号可占据第一时隙，绝对时间基准信号占据第二时隙以及触发信号占据第三时隙。

[0084] 同步信息可以采用通过 D+/D- 数据信令线路的差分信令的形式。

[0085] 可替代地，该方法可包括由 D+ 和 D- 数据信令线路上的单端信令提供同步信息。在该实施方式中，该方法可包括通过数据信令线路分布同步信息。例如，该方法可包括经第一数据信令线路传输时钟载波信号，并且经第二数据信令线路传输绝对时间基准信号和触发信号。用于经数据信令线路传送同步信息的其它配置是可能的，这对本领域技术人员来说是显然的。

[0086] 在一个实施方式中，所述方法包括使所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟同步包括：

[0087] 监控在所述非超高速 USB 装置的每一个本地的 USB 数据通信流；

[0088] 对来自所述 USB 数据流的多个周期性信号结构解码；

[0089] 将所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到来自所述周期性信号结构的信息；

[0090] 从而将所述周期性信号结构（优选为 USB 帧起始包）用作基准时间，来使所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟与所述主机控制器的时域谐振，并且利用所述周期性信号结构自所述主机控制器的相对传播时间而使所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟同步或相位对准。

[0091] 所述周期性信号结构可包括 USB 帧起始包。

[0092] 该方法可进一步包括确定和补偿所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟由于所述周期性信号结构从所述 USB 主机控制器或 USB 集线器到所述各个非超高速 USB 装置的相对传播时间所引起的相位误差。

[0093] 在具体实施方式中，该方法进一步包括：

[0094] 使所述 USB 集线器和所述非超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到或同步于基本相同的频率；

[0095] 测量非超高速信号从所述最上方 USB 集线器到所述最高 USB 集线器和非超高速 USB 装置的每一个的各个往返传播时间；

[0096] 确定非超高速信号到所述 USB 集线器和非超高速 USB 装置的每一个的各个下游传播时间或相对下游传播时间；

[0097] 同步或调节所述 USB 集线器的所述本地时钟的每一个的相位和包含在所述非超高速同步信道中的所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟的每一个的相位；和

[0098] 为所述 USB 装置的每一个提供公共的时间概念。

[0099] 该方法可包括另外利用不用的非超高速信号导线使所述超高速 USB 装置的所述各个本地时钟谐振于或锁频到所述最高 USB 集线器，包括：

[0100] 在上游 USB 主机控制器或 USB 集线器处，将附加的同步信息多路复用到高速 USB D+ 和 D- 数据信令线路上；

[0101] 在所述各个超高速 USB 装置的上游端口处，多路分离来自 D+/D- 信令线路的同步信息；

[0102] 将所述超高速 USB 装置的所述各个本地时钟锁定到所述同步信息，

[0103] 其中,所述附加的同步信息由所述最上方 USB 集线器的所述本地时钟产生,从而使所述超高速 USB 装置的所述各个本地时钟与所述非超高速同步信道的的时间概念同步。

[0104] 该方法可进一步包括确定和补偿所述超高速 USB 装置的所述本地时钟由于所述附加的同步信息从所述各个最高 USB 集线器到所述各个超高速 USB 装置的相对传播时间所引起的相位误差。

[0105] 根据第三广义方面,本发明提供一种用于在多个同步的超高速 USB 装置中补偿电缆传播时间引起的相位偏移的方法,包括:

[0106] 建立从 USB 主机到各个超高速 USB 装置的各个超高速通信信道连接,每个连接包括各个 USB 电缆;

[0107] 在各个 USB 电缆的上游连接点处,使各个 USB 电缆的 USB2D+/D- 数据信令线路失效或断开;

[0108] 在上游连接点处,将附加的同步信息(例如计时、绝对时间基准和触发信号)多路复用到 D+/D- 信令线路上;

[0109] 在 USB 装置的每一个处,多路分离来自 D+/D- 数据信令线路的同步信息;

[0110] 将 D+/D- 数据信令线路上的传播定时信号传输到 USB 装置;

[0111] 从 USB 装置接收作为传播定时信号的响应而产生的响应信号并对其解码;

[0112] 测量在每个 USB 装置的传播定时信号的传输和响应信号的接收之间的各个时间间隔;

[0113] 确定每个 USB 装置的相对下游传播时间;

[0114] 指定所述 USB 装置的一个作为时态基准装置(temporal reference device);

[0115] 确定在时态基准装置和除时态基准装置之外的每一个 USB 装置的相对下游传播时间之间的各个差;

[0116] 使在 USB 装置本地的各个时钟在频率和相位上谐振于或锁定到同步信息;

[0117] 确定本地时钟相对于时态基准 USB 装置的本地时钟的各个相位;

[0118] 确定为了大致同相地放置本地时钟所需的本地时钟的各个时态调整或相位偏移(注意并非所有的 USB 装置可被确定以要求时态调整或相位偏移);

[0119] 将时态调整或相位偏移(例如自 USB 主机)传输到各个 USB 装置(注意这可意味着如果根据前面步骤中的需要确定没有时态调整或相位偏移,则一些 USB 装置可不接收时态调整或相位偏移);和

[0120] 根据传输到其上的各个时态调整或相位偏移而对各个本地时钟进行相位调节。

[0121] 因此,这方面在 D+/D- 数据信令线路上提供了时间-延迟-循环-返回信号。

[0122] 此外,该时态调整对于针对所有同步信息补偿电缆传播时间是有效的。因此为所有同步信息提供一般的相位调整允许每个 USB 装置的计时信号、绝对时间基准信号、触发信号和任意其它形式的同步信息的同步。

[0123] 每个连接可在通向各个 USB 装置的下游通路中包括多个电缆段和多个 USB 集线器。

[0124] 时间间隔包括三个分量:下游传播时间、上游传播时间和在各个 USB 装置中由于产生对传播计时信号的响应而引起的反应时间。通过 USB 电缆的信号传播时间通常可视为对称的,并且反应时间对于相同特性的所有 USB 装置应该具有均匀的值。因此预期信号传

播时间正好为每个 USB 装置的时间间隔的一半加上反应时间所引起的某一恒定值。结果，该恒定反应时间在确定相对下游传播时间时被抵消。

[0125] 根据第四广义方面，本发明提供一种用于使 USB 网络中一个以上的超高速 USB 装置和一个以上的非超高速 USB 装置同步的设备，包括：

[0126] 具有超高速 USB 上游端口的 USB 集线器；

[0127] 多个超高速 USB 下游端口；

[0128] 适于执行 USB 3.0 集线器功能的 USB 集线器功能电路，该功能提供到所述上游端口和到所述多个下游端口的连接；和

[0129] 至少一个 USB 装置功能电路，所述 USB 装置功能电路被连接至所述下游端口中的一个；

[0130] 解码电路，用于在所述上游端口处对来自非超高速 USB 数据流的周期性信号结构解码；

[0131] 谐振器电路，适于使所述设备的本地时钟与所述周期性信号结构谐振；

[0132] 适于使所述本地时钟与外部的时间概念（即该设备之外）同步的同步器（例如采用同步电路的形式）；

[0133] 适于产生所述本地时钟所参考的附加的同步信息（例如计时、绝对时间基准和触发信号）的电路；和

[0134] 能操作以选择性地使所述设备的每个下游 USB 端口的下游非超高速 D+/D- 数据信令线路从它们各个 USB 集线器功能元件下游端口失效的电路；

[0135] 多路复用器（例如采用多路复用电路的形式），用于在所述多个下游 USB 连接器的每一个处将来自所述本地时钟的所述附加的同步信息多路复用到所述下游 D+/D- 信令线路上，能操作以将所述非超高速 USB D+/D- 信号引导向具有附接的非超高速装置的任意下游 USB 连接器，并将所述附加的同步信息引导向具有附接的超高速 USB 装置的任意所述下游 USB 连接器；和

[0136] 定时器（例如采用定时电路的形式），适于确定信号从所述设备到一个以上附接的下游 USB 装置各个往返时间间隔；

[0137] 其中，所述 USB 装置功能电路适于将由定时器确定的所述往返时间间隔传输到所述 USB 网络的 USB 主机控制器。

[0138] 因此，提供了一种用于使混合的超高速/非超高速网络同步的设备（例如采用 USB 集线器的形式），该设备容许同步计时并提供绝对时间基准和触发信号。USB 主机控制器通常位于该设备之外，但在某一实施方式中，该设备包括 USB 主机控制器。例如，该设备—包括 USB 主机控制器—可被制造在单芯片上。

[0139] 因此，本发明仅利用单个电缆即可使多个超高速 USB 装置的每一个的本地时钟同步。这涉及利用符合 USB3 的装置支座以允许和其它常规的 USB 电缆和装置一起无缝使用。USB 3.0 规范限定在进行到 USB 3.0 装置的超高速连接时，集线器使到该装置的 USB 2.0 信号失效。在进行超高速装置连接时，该公开的仪器总线架构利用了 USB 3.0 电缆中不用的信号线。这同样可应用于任何要求同步信道和 USB 超高速连接的应用中。

[0140] 该设备可包括用于控制多路复用器的状态的电路。

[0141] 针对超高速和非超高速下游装置，定时器可适于采用不同的测量技术。在一个实

施方式中,定时器测量在每个所附接的非超高速 USB 装置的上游端口之间的往返时间。根据该实施方式,该定时器测量从用于产生定时信号的电路到每个所附接的超高速 USB 装置以及返回的往返时间。该往返时间可根据任何合适的方法来测量,包括这里公开的任何一种往返测量方法。

[0142] 所述 USB 装置功能电路可适于执行非超高速装置功能。

[0143] 在一个实施方式中,所述 USB 装置功能电路适于执行超高速装置功能。

[0144] 在一个实施方式中,所述外部时间概念可由所述 USB 主机控制器提供。

[0145] 所述同步器还可适于使所述本地时钟与外部接口谐振。

[0146] 在一个实施方式中,该设备适于从所述外部接口接收所述外部时间概念。

[0147] 所述外部接口可包括 GPS 时钟、PXI 机箱槽 1 时序控制器、以太网接口、IEEE-1588 精确时间协议以太网 (Precision Time Protocol Ethernet)、网络时间协议以太网 (Network Time Protocol Ethernet)、原子钟或靶场间仪器组 (Inter-Range Instrumentation Group (IRIG)) 接口中的任意一个或多个。

[0148] 在具体实施方式中,该设备进一步包括 USB 主机控制器功能元件,其适于连接到所述 USB 集线器的所述上游端口。

[0149] 在一个实施方式中,所述谐振器电路包括:

[0150] 用于观测在任意附接的 USB 装置的各个连接点或下游端口本地的 USB 数据流的电路;

[0151] 用于对来自所述 USB 数据流的周期性信号结构解码的电路;

[0152] 用于对来自所述 USB 数据流的周期性数据结构解码而在所述设备本地产生事件信号的电路;

[0153] 用于相对于所述事件信号的频率锁定所述本地时钟的频率的电路。

[0154] 在具体实施方式中,用于观测 USB 数据流的电路位于上游端口处。

[0155] 此外,该设备可被布置为同步桥。在该配置中,本地时钟电路可与外部基准时钟和自 USB 环境外部提供的时间概念同步。该设备还可包括具有时钟的 USB 主机控制器和允许主机控制器的时钟与外部基准时钟同步的电路。

[0156] 在该实施方式中,外部基准时钟和相关的时间概念(即外部时间源)可包括全球定位系统(GPS)基准时钟信号;原子钟信号;同步的 USB;以太网时间码信号,例如但不限于 IEEE-1588 精确时间协议(PTP)基准时间信号、网络时间协议(NTP)时间信号或其它以太网时间基准;靶场间仪器组(IRIG)基准时间信号或任意其它基准时间信号。该外部时间源可经电缆、光纤、无线机制或其它信号传送或传输机制而被接收。

[0157] 因此,本发明使超高速连接的 USB 装置同步于例如经以太网(利用网络时间协议(NTP)、IEEE-1588 同步协议或任意其它时间源)连接的装置、经 PCI 总线或小型 PCI 总线连接的装置、经 PXI(或 PXI-express)总线连接的装置、经 VXI 或 VME 总线连接的装置、包括但不限于 Zigbee 或无线 USB 的无线机制连接的装置以及通过其它通信总线连接的装置。

[0158] 非超高速 USB 装置可为高速或全速装置,并且优选地适于使本地时钟与 USB SOF 令牌同步。在一个具体实施方式中,周期性信号结构包括一个以上的 OUT 令牌、IN 令牌、ACK 令牌、NAK 令牌、STALL 令牌、PRE 令牌、SOF 令牌、SETUP 令牌、DATA0 令牌、DATA1 令牌、

或 USB 数据包中可编程的序列比特模式。

[0159] 根据第五广义方面,提供一种用于向一个以上超高速连接的 USB 装置提供同步信号的设备,该设备包括:

[0160] 包含超高速 USB 上游端口的 USB 集线器;和

[0161] 多个超高速 USB 下游端口;

[0162] 时钟或时钟电路;

[0163] 适于产生所述本地时钟所参考的同步信息的电路;

[0164] 能操作以将所述同步信息多路复用到选定的一个以上所述下游端口的 D+/D- 信令线路上,USB 装置以超高速 USB 模式被附接和连接到选定的一个以上所述下游端口。

[0165] 根据第六广义方面,提供一种使以超高速模式连接的 USB 装置的时钟与附接到该 USB 装置的 USB 集线器的时钟同步的方法,该方法包括:

[0166] 从所述 USB 集线器的所述时钟产生同步信息;

[0167] 将所述同步信息多路复用到所述 USB 装置所附接到的所述 USB 集线器的下游端口的不用的 D+/D- 信令线路上;

[0168] 使所述 USB 装置的所述时钟与所述同步信息同步;

[0169] 从而所述 USB 装置被连接到主机控制器并通过所述 USB 集线器利用超高速 USB 协议与主机控制器通信,并且同时与所述 USB 集线器的所述时钟的时间概念同步。

[0170] 所述同步信息可包括所述 USB 集线器的所述时钟可与其谐振的谐振信息。

[0171] 在一个实施方式中,所述谐振信息包括周期性信号,而在特定实施方式中,所述同步信息包含所述 USB 集线器的所述时钟的时间概念。在具体实施方式中,所述同步信息包括一个以上的触发信号。

[0172] 在一个实施方式中,该方法进一步包括确定从所述 USB 集线器到所述 USB 装置的信号传播时间。

[0173] 根据所述信号传播时间的确定而对所述 USB 装置的所述时钟相位进行调节。

[0174] 根据第七广义方面,提供一种使公共 USB 网络的超高速 USB 装置和非超高速 USB 装置的相位同步的方法,包括:

[0175] 使所述非超高速 USB 装置的本地时钟相对于周期性帧起始包谐振;

[0176] 使所述超高速 USB 装置的本地时钟相对于周期性等时时间戳包谐振;

[0177] 确定在基本接近所述 USB 网络的顶部的点和所述非超高速 USB 装置之间的非超高速传播时间;

[0178] 确定在基本接近所述 USB 网络的顶部的点和所述超高速 USB 装置之间往返的超高速传播时间;

[0179] 确定所述超高速传播时间和所述非超高速传播时间之间的差;和

[0180] 根据所述超高速传播时间和所述非超高速传播时间之间的所述差调节所述本地时钟的相位。

[0181] 所述非超高速传播时间可被确定为例如单向或往返传播时间。

[0182] 所述超高速传播时间可被确定为例如单向或往返传播时间(后者容易被测量,前者根据后者更容易确定)。应当理解的是,即使根据不同的定义确定了非超高速和超高速传播时间,确定两者之间的差也是简单的问题,例如通过适当地对两个中的一个或另一个加

倍或减半。

[0183] 在一个实施方式中,该方法进一步包括:

[0184] 使又一非超高速 USB 装置的本地时钟相对于周期性帧起始包谐振;

[0185] 确定在基本接近所述 USB 网络的顶部的点和所述又一非超高速 USB 装置之间的又一非超高速传播时间;

[0186] 确定所述超高速传播时间和所述一个非超高速传播时间之间的差;和

[0187] 根据所述超高速传播时间和又一非超高速传播时间之间的所述差调节所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟的相位。

[0188] 在一个实施方式中,该方法进一步包括:

[0189] 使又一超高速 USB 装置的本地时钟相对于周期性帧起始包谐振;

[0190] 确定在基本接近所述 USB 网络的顶部的点和所述又一超高速 USB 装置之间的又一超高速传播时间;

[0191] 确定所述又一超高速传播时间和所述非超高速传播时间之间的差;和

[0192] 根据所述又一超高速传播时间和所述非超高速传播时间之间的所述差调节所述非超高速 USB 装置的所述本地时钟的相位。

[0193] 该最后描述的两个实施方式,如果重复采用,则容许使公共 USB 网络中多个超高速 USB 装置和 / 或多个非超高速 USB 装置相位的同步。

[0194] 应当注意的是,可以根据适应性和期望来结合本发明的以上每个方面的所有各个特征。

[0195] 此外,应当注意的是,本发明还提供被布置为执行上述发明的每个方法的设备和系统。

[0196] 另外,可以用各种方式来实施根据本发明的设备。例如,这种装置可采用位于印刷电路或印刷布线板上、陶瓷基板上或半导体级别即单个硅(或其它半导体材料)芯片处的多个部件的形式配置而成。

附图说明

[0197] 为了本发明可更加清楚地被确定,现在参照附图,通过实施例描述实施方式,其中:

[0198] 图 1 为根据背景技术的 USB3 的双总线架构的示意图;

[0199] 图 2 为根据本发明实施方式的包含超高速和非超高速 USB 装置的同步 USB 的示意图;

[0200] 图 3 为用于图 3 的同步 USB 的超高速和非超高速 USB 装置的同步的周期性时序信号的相对时序的示意图;

[0201] 图 4A 为根据本发明实施方式的 USB 定时集线器的示意图;

[0202] 图 4B 为根据本发明实施方式的同步 USB 装置的示意图;

[0203] 图 5A 为图 4A 的 USB 定时集线器的简化版本的具体状态(在其中提供超高速同步信道)的示意图;

[0204] 图 5B 为图 4A 的 USB 定时集线器的简化版本的具体状态(在其中提供非超高速同步信道)的示意图;

[0205] 图 6 为根据本发明实施方式的混合的超高速和非超高速同步 USB 网络的示意图；以及

[0206] 图 7 为图示根据本发明实施方式的同步的超高速和非超高速 USB 装置对的时序信号的示意图。

具体实施方式

[0207] 在图 2 中以 70 示意性示出根据本发明第一实施方式的设置于个人计算机 (PC) 72 中的同步 USB。PC 72 包括被连接至包含超高速 USB 定时集线器 78、超高速 USB 装置 80 和非超高速 USB 装置 82 的网络 76 的超高速 USB 主机控制器 74。USB 主机控制器 74 通过包括超高速导线 86 和非超高速导线 88 的复合 USB 电缆 84 而被连接至 USB 定时集线器 78。

[0208] USB 定时集线器 78 支撑超高速 USB 装置 80 和非超高速 USB 装置 82 两者的附接，因此超高速导线 86 和非超高速导线 88 两者都传送超高速 USB 主机控制器 74 和 USB 定时集线器 78 之间的信号。

[0209] 超高速 USB 装置 80 通过包括超高速导线 92 和非超高速导线 94 的符合超高速标准的复合 USB 电缆 90 而被连接至 USB 定时集线器 78。由于装置 USB 80 为超高速 USB 装置，因此 USB 定时集线器 78 关闭到导线 94 的非超高速数据通信流，因而超高速装置 80 和 USB 定时集线器 78 之间的连接仅由超高速导线 92 提供。非超高速 USB 装置 82 通过包括超高速导线 98 和非超高速导线 100 的符合超高速标准的复合 USB 电缆 96 而被连接至 USB 定时集线器 78。在由非超高速导线 100 执行到非超高速 USB 装置 82 的数据连接时，没有信号通过超高速 USB 导线 98。

[0210] 在该实施例中，在 USB 定时集线器 78 和超高速 USB 装置 80 之间的超高速导线 92 (属于复合 USB 电缆 90 的) 适于提供超高速同步信道，而在 USB 定时集线器 78 和非超高速 USB 装置 82 之间的非超高速电缆段 100 (属于复合 USB 电缆 96 的) 可以说提供了非超高速同步信道。

[0211] 根据该实施方式，超高速 USB 装置 80 与非超高速 USB 装置 82 同步。非超高速 USB 通信流中的帧与等时超高速时间戳包具有基本恒定的相位关系。图 3 为经由图 2 的 USB 定时集线器 78 的时序信号通信流的以 110 表示的示例性时序图的示意图，表示超高速同步信道和非超高速同步信道的时序信号之间的关系。

[0212] 参照图 3，总线间隔 112—限定为 $125 \mu s$ 周期—对于超高速和非超高速总线两者是共同的。为非超高速同步信道的同步所选择的典型周期性信号结构为帧起始 (SOF) 包，其在总线间隔边界处的每个总线间隔出现一次。在帧起始包 (参见图 3 的上部寄存器) 的传输中具有非常严格的容差 114：帧起始包必须在总线间隔边界的纳秒内被传输。

[0213] 通过对比，在等时时间戳包 (ITP) 窗口 (图 3 的中间寄存器) 上超高速同步信道具有非常宽松的容差 116。ITP 窗口允许 ITP 在离总线间隔边界 $8 \mu s$ 的区域内的任何地方都可传输。该导致在等时时间戳包 (自各个总线间隔边界 120 所经历的时间) 的传输中产生明显的时序抖动。等时时间戳包 (参见图 3 的下部寄存器) 也包含从总线间隔边界到等时时间戳包的传输所经历时间的的时间戳。该机制允许所附接的 USB 装置跟踪主机控制器时间。

[0214] 然而，在该实施方式中主要使用的两个时间标记具有已知的相位关系，这允许超

高速和非超高速同步信道的精确同步。

[0215] 在另一个实施方式中,本发明提供一种用于同步多个超高速和非超高速信道的系统。图 4A 为根据该实施方式的超高速 USB 定时集线器 130 的示意图。USB 定时集线器 130 具有用于和 USB 主机控制器通信的上游端口 132、多个用于与 USB 装置通信的下游端口 134。为了简化的目的,仅示出四个下游端口 134,但应当理解的是,USB 定时集线器 130 可具有更多或更少的下游端口。USB 定时集线器 130 还具有用于在 USB 定时集线器 130 和外部时序装置之间传递时序信息的外部时序端口。这种外部时序装置可为同步的仪器系统,例如 PXI、PXI-express、以太网、LXI 或 VXI 系统或能够提供或使用时序信息的任意其它系统。

[0216] USB 定时集线器 130 具有超高速集线器功能元件 138、非超高速集线器功能元件 140、USB 装置 142、同步器 144 以及多个多路复用器 146。可选择地,超高速集线器功能元件 138 和非超高速集线器功能元件 140 可被结合于复合装置中。

[0217] USB 装置 142 可为超高速或非超高速装置,且被连接至超高速数据总线 148 和非超高速数据总线 150。超高速集线器功能元件 138 和非超高速集线器功能元件 140 的每个下游连接分别(包括 USB 装置 142 所连接的)为并行连接,且为清楚起见,在图 4A 中仅被表示为总线。

[0218] USB 装置 142 可用于通过通信信道 152 控制同步器 144 的某些参数,依次在上游 USB 主机控制器和前述连接至外部时序端口 136 的外部时序装置之间经由将同步器 144 和外部时序端口 136 耦合的外部时序信道 154 传递时序信息。各个多路复用器 146 被分配给每个外部下游 USB 端口 134,由 USB 装置 142 经控制总线 156 来控制,以将非超高速通信 150 从非超高速 USB 集线器 140 传递至每个下游端口 134,或者相反地(经通路时序信息和信号总线 158)将时序信息和信号从同步器 144 传递到每个下游端口 134。时序信息和信号总线 158 为每个多路复用器 146 提供专用的并行连接,并在其它时序信息中包含时钟、触发、循环时间测量信号和时间概念(notion of time)。

[0219] 超高速集线器功能元件 138 和非超高速集线器功能元件 140 分别通过具有各自第一和第二检测点 164、166 的第一和第二上游信道 160、162 而被耦合到上游端口 132。同步器 144 经第一和第二信道 168、170 分别在检测点 164、166 处观测超高速 USB 数据通信流和非超高速 USB 数据通信流,从而同步器 144 可使同步器 144 的本地时钟(未示出)与 USB 主机控制器的时间概念同步。可选择地,同步器 144 可仅(经第二信道 170)观测非超高速 USB 数据通信流,如果 USB 装置 142 为非超高速装置,则这种情况一定存在。

[0220] 此外,同步器 144 能够基于级联同步方式通过对其本地时钟和绝对时间寄存器的相位进行调节而调节其时间概念,该绝对时间寄存器位于 USB 网络树中又一超高速或非超高速 USB 定时集线器的下方。

[0221] 在该实施方式的变化中,同步器 144 被配置为在第二检测点 166 处检测非超高速数据流,并经适当配置的多路复用器 146(如图 5B 所示被配置)而将直接的副本下游(direct copy downstream)传递至下游 USB 装置。这允许 USB 装置通过超高速通信信道进行通信,然而仍接收位于非超高速同步信道上的周期性数据结构。此外,来自这种附接的 USB 装置的上游信号将需要通过同步器 144 按规定路线传送,并通过第二检测点 166(可能通过可选择的多路复用器-未示出-位于第二检测点 166 处)被传送回上游信号通路中。

[0222] 图 4B 为根据本发明另一个实施方式的同步 USB 装置 190 的示意图。同步 USB 装置 190 具有超高速 USB 功能元件 192、非超高速 USB 功能元件 194、同步器 196 以及多路复用器 198。

[0223] 同步 USB 装置 190 经连接器 200 被连接到 USB (未示出)。超高速 USB 功能元件 192 经第一信道 202 从连接器 200 接收超高速数据信号,并且沿第二信道 204 (包括 USB D+/D- 信令线路)、经多路复用器 198 到非超高速 USB 功能元件 194 的路线从连接器 200 接收非超高速数据信号。多路复用器 198 也可截取第二信道 202 上的非超高速 USB 信号,并将它们经第三信道 206 传送至同步器 196,从而使 USB 装置 190 成为同步 USB 装置。可替代地,多路复用器 198 可将第二信道 204 上的非超高速 USB 数据信号复制到第三信道 206 上,从而允许第二信道 204 上的非超高速 USB 数据信号被非超高速 USB 功能元件 194 和同步器 196 同时接收。

[0224] 为了更加清楚地描述图 4A 的 USB 定时集线器 130 的操作,在图 5A 中以 210 以及在图 5B 中以 210' 示出 USB 定时集线器 130 的简化实施例。为简化起见,这些附图仅图示出一个代表性的下游端口 134 (虽然在实践中通常会提供多个下游端口),并且相同的附图标记已经用于图 4A 中。在这些实施例中,将 USB 装置 142 图示为非超高速 USB 装置,因此被内部连接到非超高速 USB 集线器功能元件 140 的下游端口 135。如果需要,USB 装置 142 可替换地连接至超高速集线器功能元件 138。然而,期望将 USB 装置 142 连接至非超高速 USB 集线器功能元件 140,从而使非超高速通信信道 (和因此同步信道) 保持到 USB 集线器 130。

[0225] 参照图 5A,在下游端口 134 的正常运行中,USB 装置 142 控制多路复用器 146 的状态,如该图所图示,多路复用器 146 被配置为将非超高速 USB 数据信号从非超高速 USB 集线器功能元件 140 传递至下游端口 134。在正常条件下,超高速和非超高速信号被提供到下游端口 134,以允许超高速或非超高速装置到下游的连接。

[0226] 图 5B 为被配置成通过非超高速 USB D+/D-USB 的数据信令线路而提供超高速同步信道的 USB 定时集线器 130 的配置的示意图。通过被连接到并处于下游端口 134 的下游的超高速 USB 装置 (未示出) 请求提供主机控制器的这种同步信道,其依次请求 USB 装置 142 建立这种用于下游端口 134 的配置,从而建立了这种方案。然后,同步器 144 完全控制下游 D+/D- 数据信令线路到附接的上述超高速 USB 装置。然后,同步器 144 能够经多路复用器 146 传送和从下游端口 143 接收周期性时钟载波信号、专用时钟信号、电缆循环时间测量信号、触发信号、绝对时间基准信号、含有任意给定的绝对时间基准信号或需要使本地时钟或下游超高速 USB 装置的运行与来自主机控制器的时间概念或来自外部时序端口 136 (参见图 4A) 的外部时间概念同步的任意其它信号的绝对时间的数据的任意组合。

[0227] 图 6 为根据本发明又一实施方式的混合的超高速和非超高速同步 USB 网络 260 的示意图。USB 网络 260 包括主机控制器 262、第一、第二、第三和第四 USB 定时集线器 264a、264b、264c、264d、非超高速 USB 装置 266 以及多个超高速 USB 装置 168。

[0228] USB 网络 260 的混合装置的特性意味着非超高速 USB 装置 266 通过非超高速同步信道 270 被同步,而超高速 USB 装置 268 通过超高速同步信道 272 被同步。由 (USB 定时集线器 264a 的) 下游集线器端口 274 跨越的网络支路仅包含超高速 USB 装置 268,因此在该支路中的所有同步信道都为超高速同步信道 272。通过对比,由 (USB 定时集线器 264a 的)

下游集线器端口 276 跨越的网络支路包含超高速和非超高速 USB 装置两者。因此下游集线器端口 276 提供非超高速同步信道,其在到所附接的超高速 USB 装置的(USB 定时集线器 264d 的)端口 278 的又一下游处变为超高速同步信道。

[0229] 由(USB 定时集线器 264a 的)集线器端口 274 跨越的网络支路可包含非超高速同步信道,但在该支路中仅存在超高速 USB 装置允许超高速同步信道被使用。

[0230] 应当注意的是,在 USB 网络 260 中术语“最上方 USB 集线器”(如此处所使用的)是位于树形网络的顶部的 USB 集线器,即在主机控制器 262 中的 USB 集线器(未示出)。

[0231] 图 7 为根据本发明实施方式的图示同步的超高速和非超高速 USB 装置对的时序信号的示意性时序图 300。

[0232] 非超高速帧起始包 302 被用作具有非超高速 USB 装置的标称时钟相位 304 的非超高速(或“HS”)装置的同步基准。需要注意的是,时钟脉冲 304 的上升边与帧起始包 302 同相。

[0233] 同样地,在 ITP 窗口 308 内的任何地方可被传递到超高速 USB 装置的超高速等时间戳包(ITP)306,提供用于同步基准的时间戳;该时间戳与帧起始包 302 同步。超高速(或“SS”)USB 装置具有标称时钟相位 310。

[0234] 然而,由于在 SOF 和 ITP 包之间的传播时间差,在时钟信号的相位中存在不确定性。在标称的意义上,它们两者的相位将与他们各自基准信号的接收时间对准。

[0235] 非超高速 USB 装置信号传播时间通过主机控制器将 HS ping 312 消息发送到非超高速 USB 装置并测量 HS ping 312 的传输和(HS)响应信号 314 的接收之间的总时间延迟而确定。以 316 示出单向的传播时间;以 318 示出非超高速谐振时钟相对于 SOF 包的真实相位。

[0236] 用于超高速 USB 装置,同样地,SS ping 320 和各自的响应 322 指示以 324 示出的单向传播时间。然后,超高速谐振时钟的真实相位以 326 示出,其中以 328 示出在超高速和非超高速 USB 装置之间的相位差。知道了这两个时域和相对相位,允许超高速和非超高速 USB 装置的精确相位同步。

[0237] 本领域技术人员易于进行在本发明的范围内的修改。因此应当理解的是,本发明不限于通过上文实施例所描述的具体实施方式,并且本文描述的各种实施方式的结合对于本领域技术人员是明显的。

[0238] 在前述对本发明的描述以及所附权利要求中,除了由于表达语言或必要的暗示而上下文另有要求之外,词语“主机控制器”包含所有形式的 USB 主机控制器,包括标准的 USB 主机控制器、移动 USB(USB-on-the-go)主机控制器以及无线 USB 主机控制器。

[0239] 在前述对本发明的描述以及所附权利要求中,除了由于表达语言或必要的暗示而上下文另有要求之外,词“包括”或诸如“包含”或“含有”之类的变化形式以包括在内的意义被使用,也就是说,用于详列所述特征的存在,但不排除在本发明的各个实施方式中其他特征的存在或增加。

[0240] 而且,此处对背景技术的任何引用并不旨在表示暗示这种背景技术形成或已形成任何国家的公知常识的一部分。

10 →

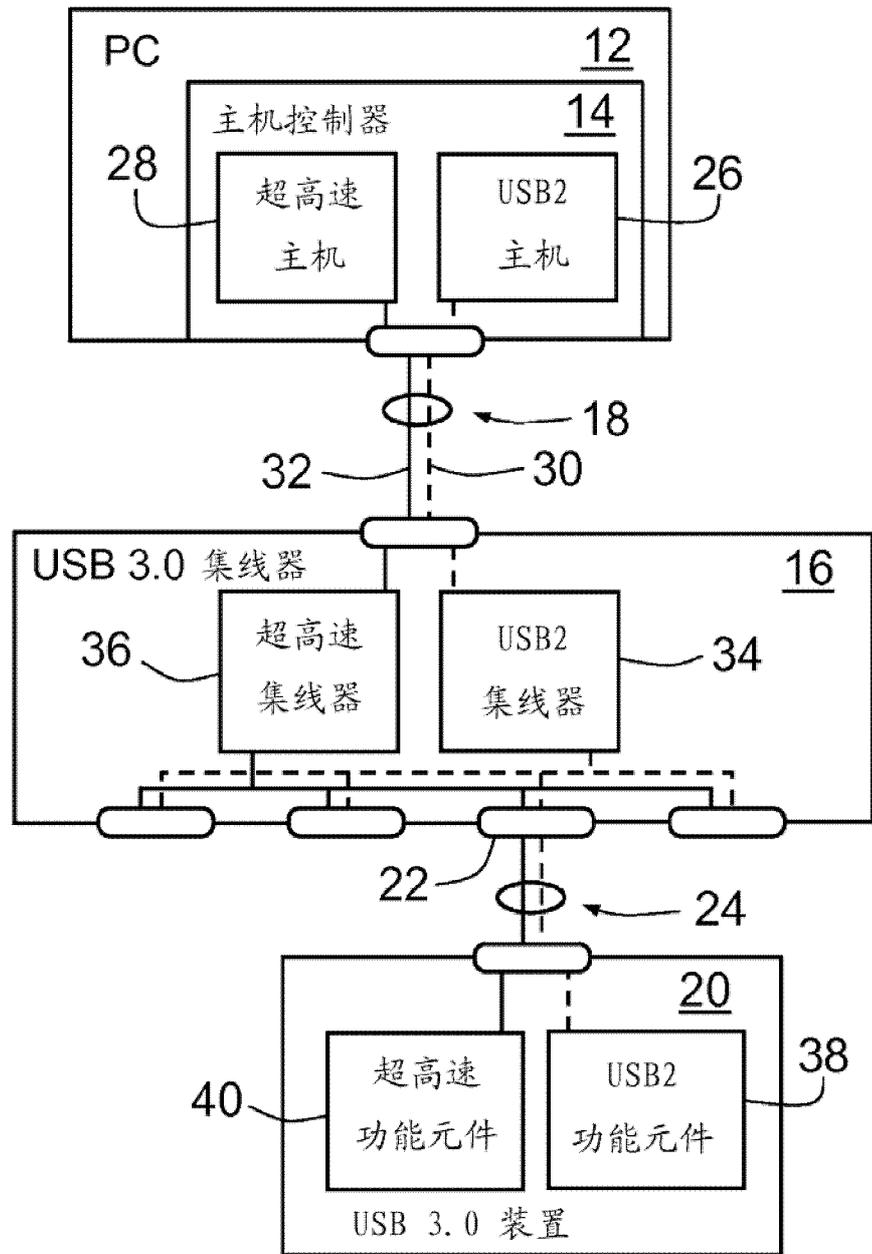


图 1 (背景技术)

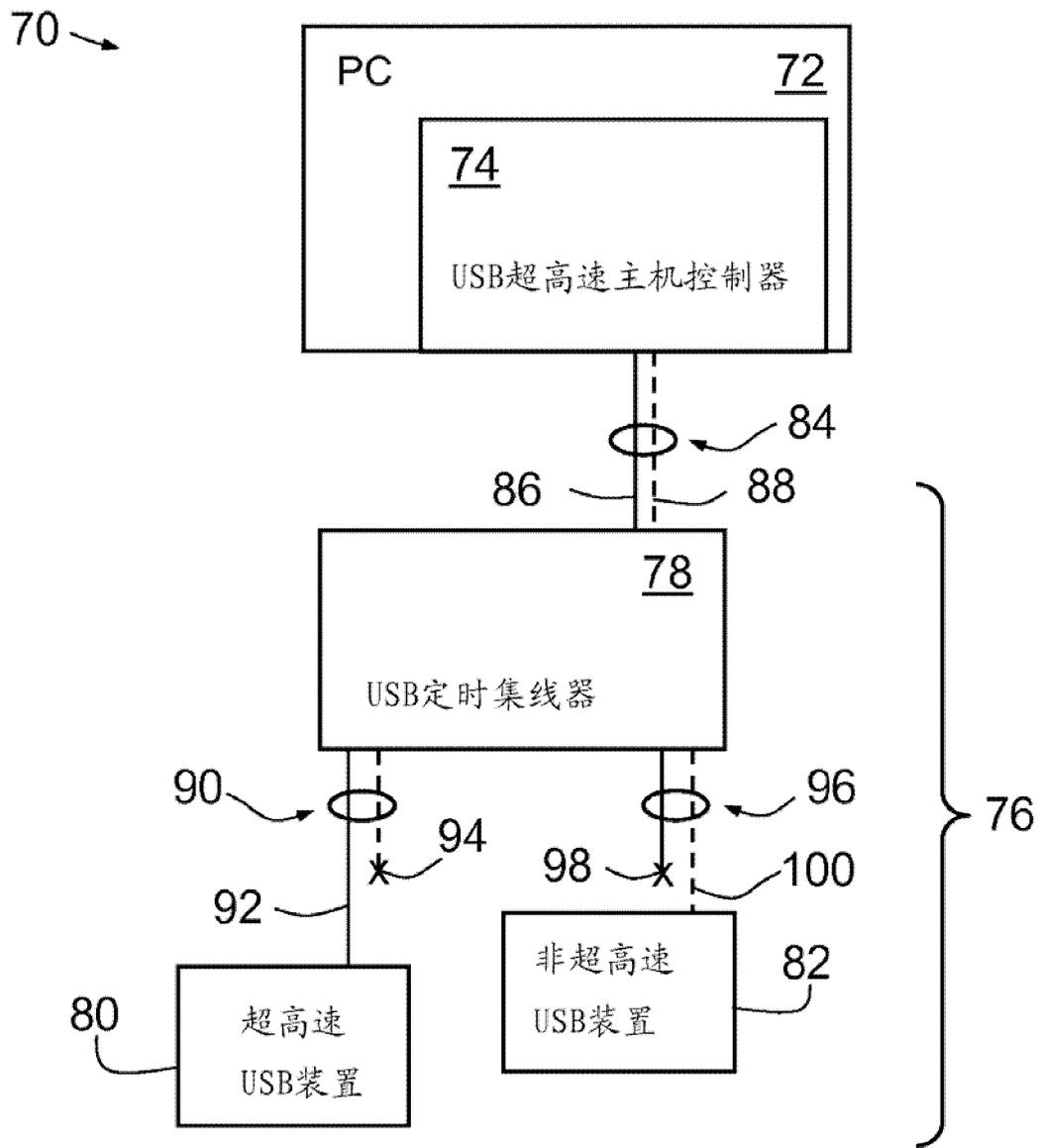


图 2

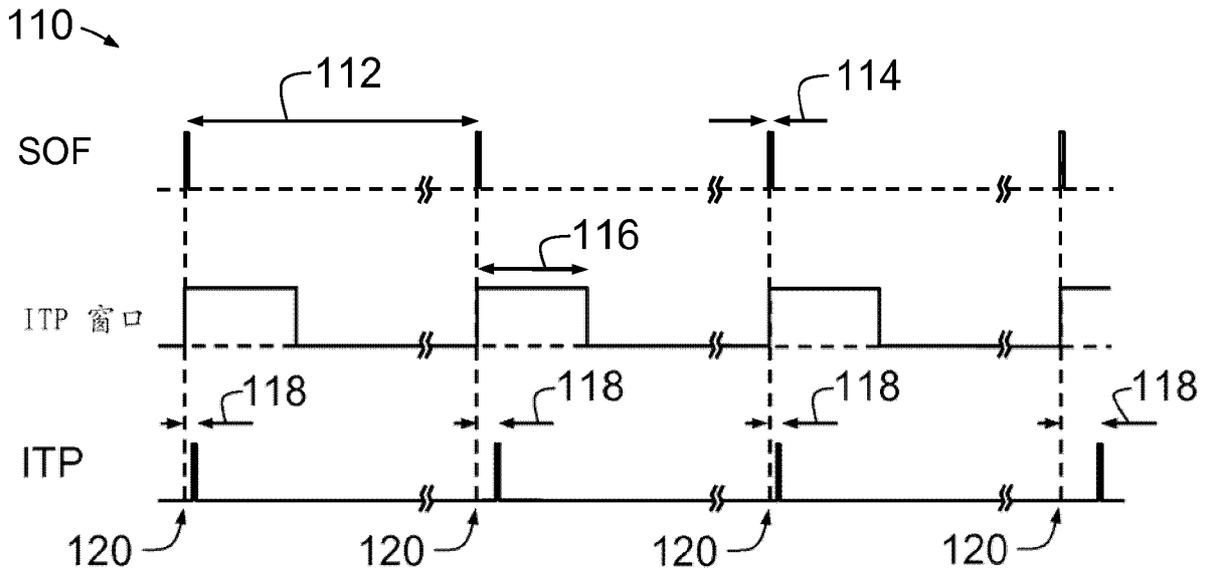


图 3

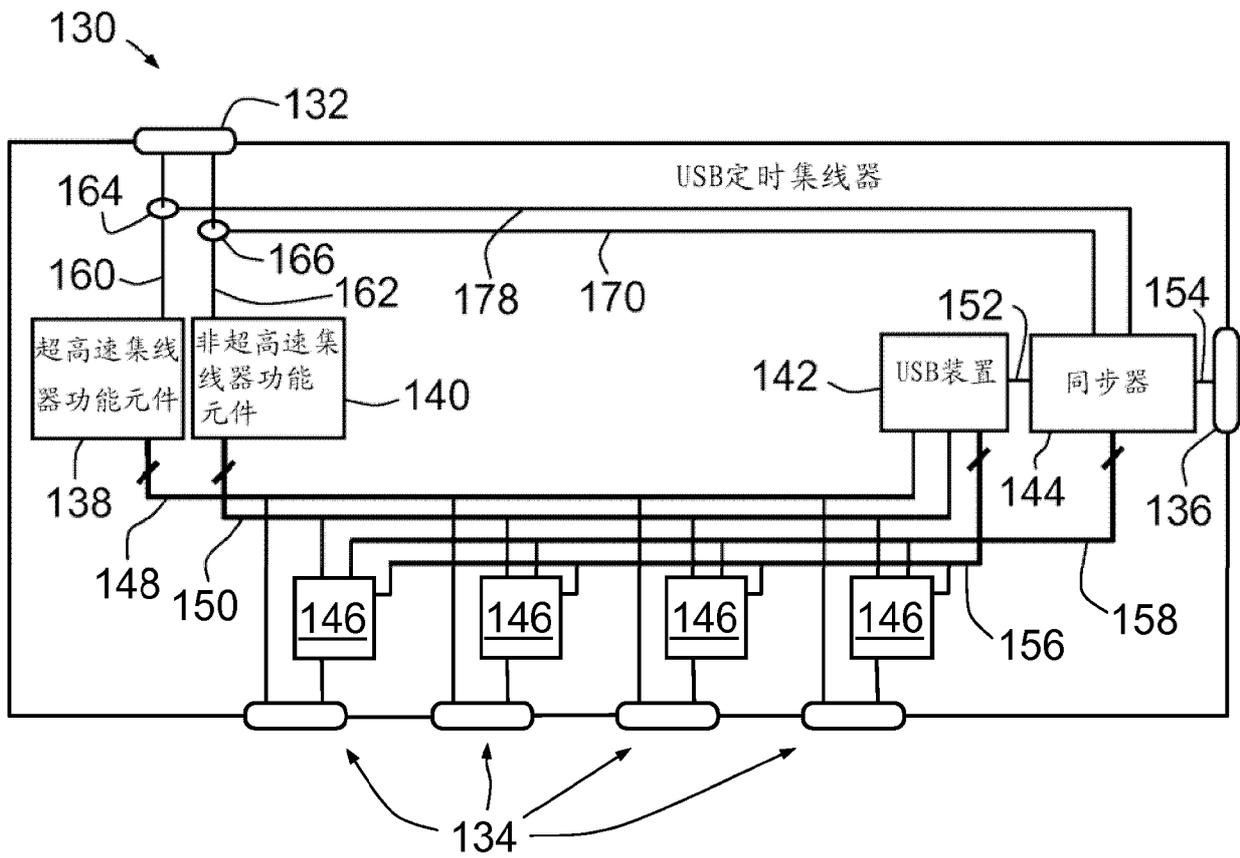


图 4A

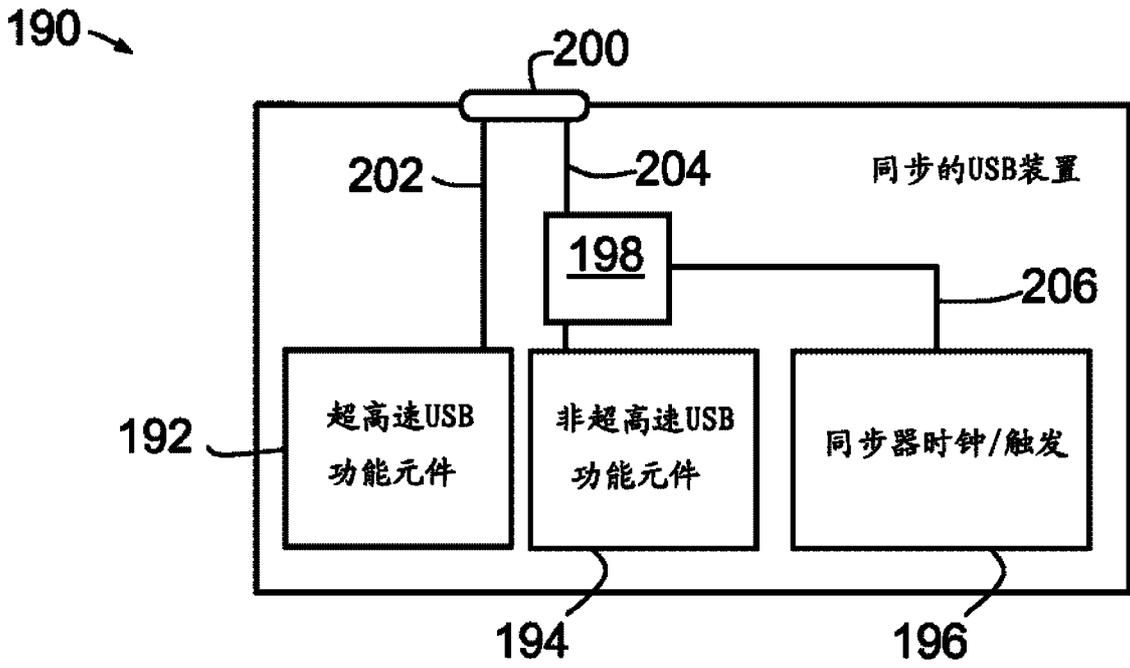


图 4B

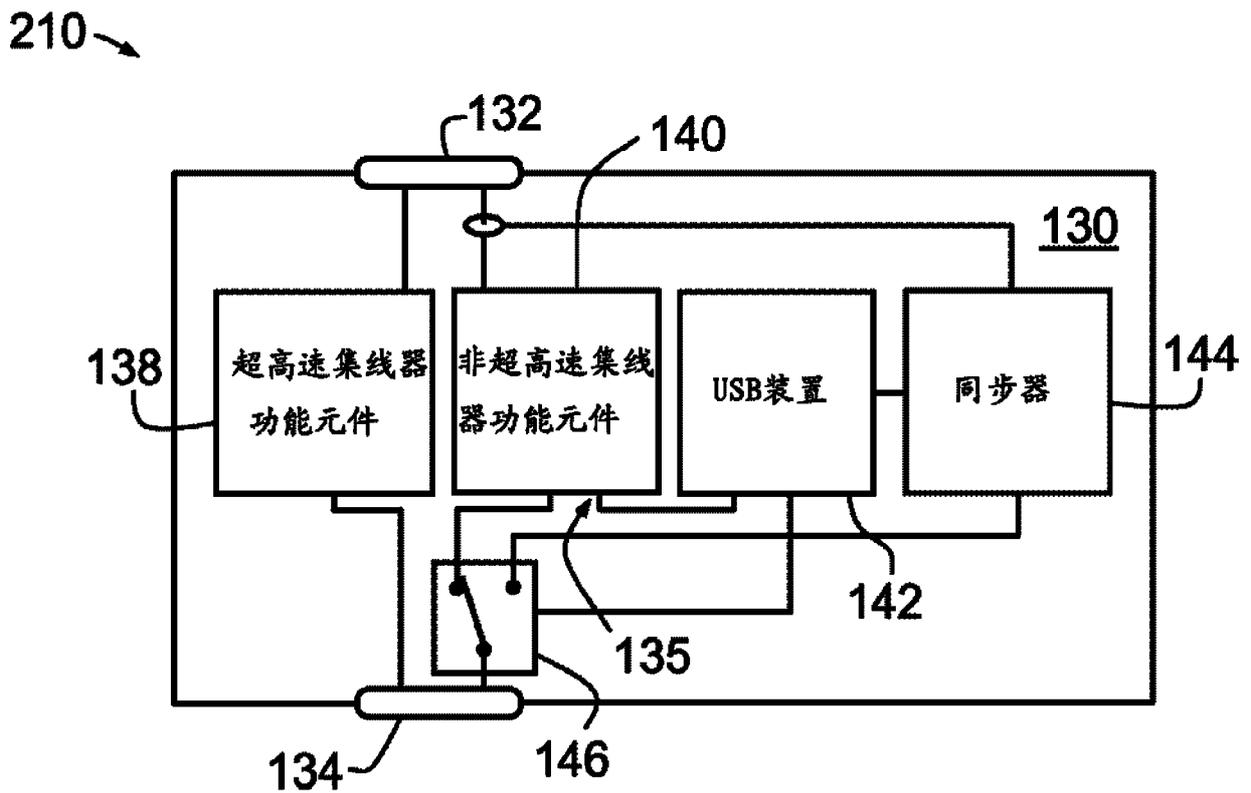


图 5A

210' ↘

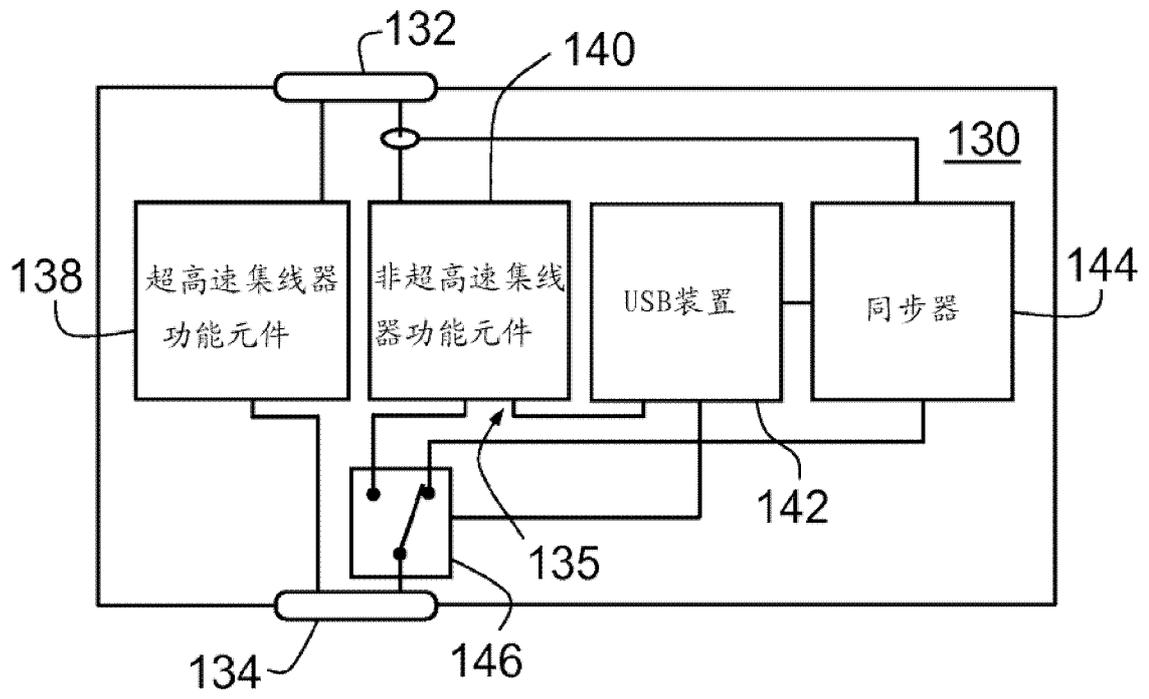


图 5B

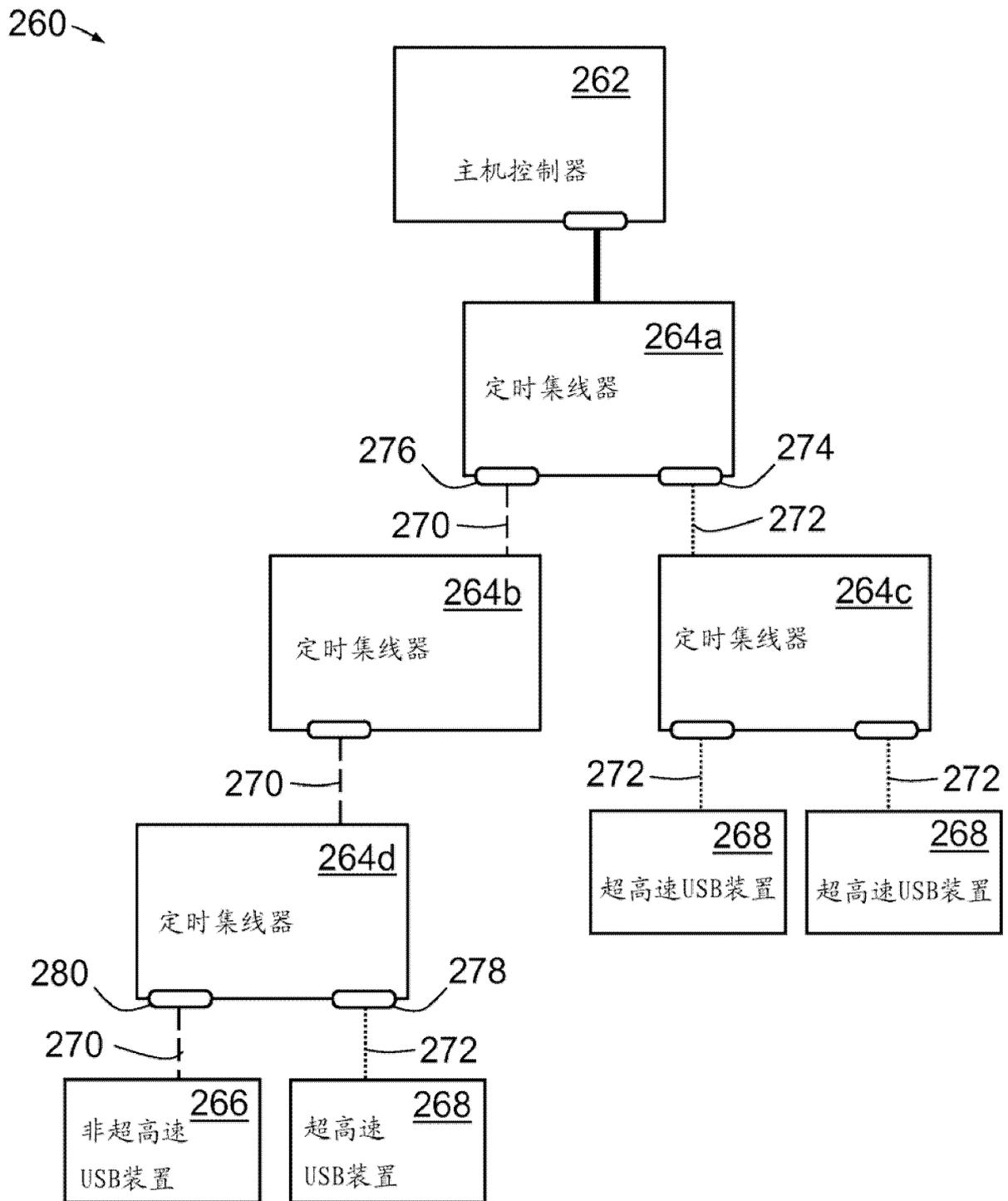


图 6

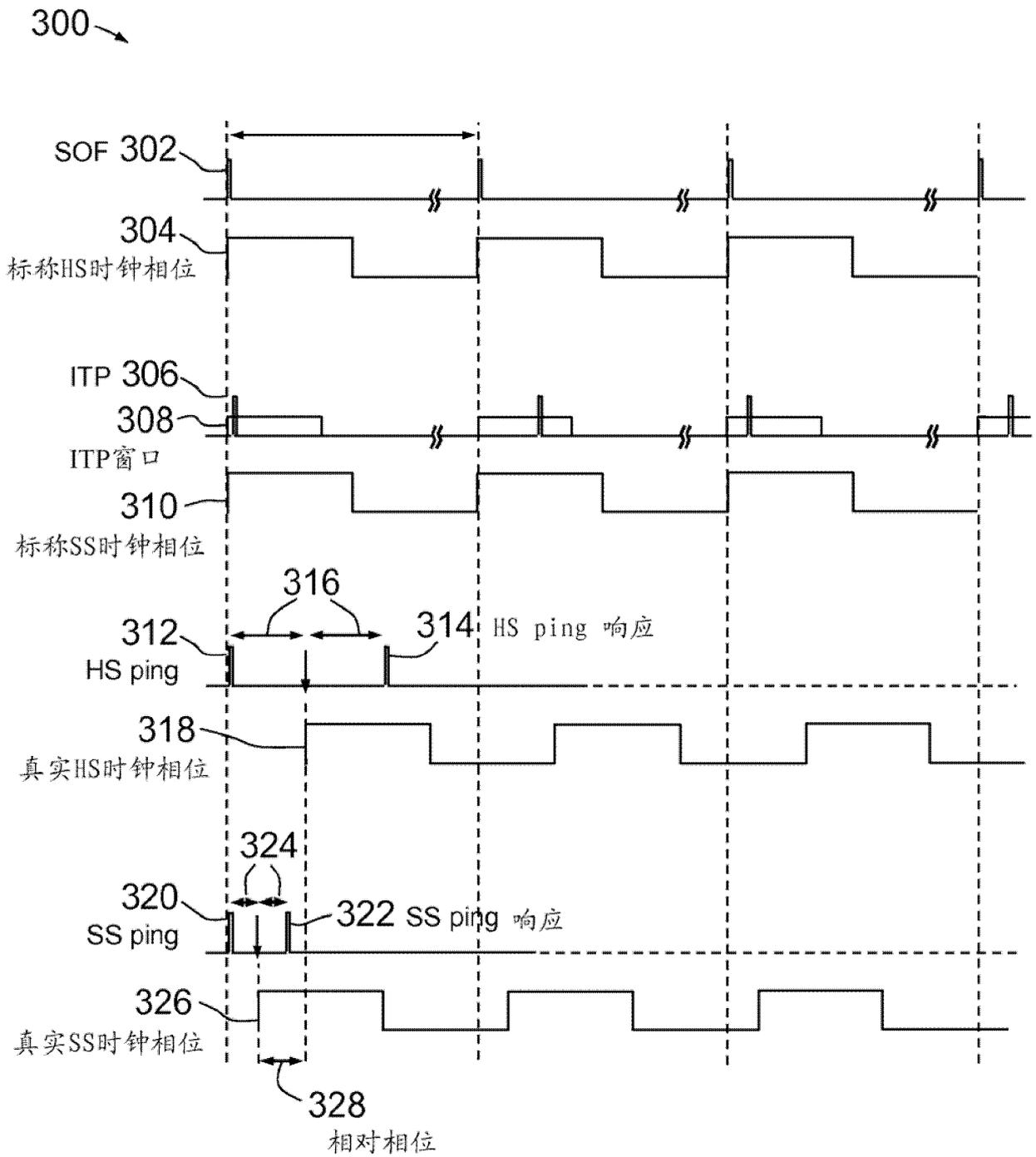


图 7