



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105144591 B

(45)授权公告日 2019.03.08

(21)申请号 201480023103.8

(22)申请日 2014.03.13

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105144591 A

(43)申请公布日 2015.12.09

(30)优先权数据  
61/799,510 2013.03.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.10.23

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2014/026491 2014.03.13

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/151812 EN 2014.09.25

(73)专利权人 凯萨股份有限公司  
地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 I·A·凯勒斯 K·凯威顿  
M·博尔蒂斯 J·沃尔科特  
S·诺瓦克 R·D·艾塞克  
G·D·马科迈克

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专  
利商标事务所 11038

代理人 周磊

(51)Int.Cl.  
H04B 1/40(2015.01)

(56)对比文件  
CN 101087172 A,2007.12.12,全文.  
US 2010314445 A1,2010.12.16,全文.  
US 2012263244 A1,2012.10.18,全文.  
US 2009037628 A1,2009.02.05,摘要,说明书第68-278段,图1-72.

审查员 庄俊贤

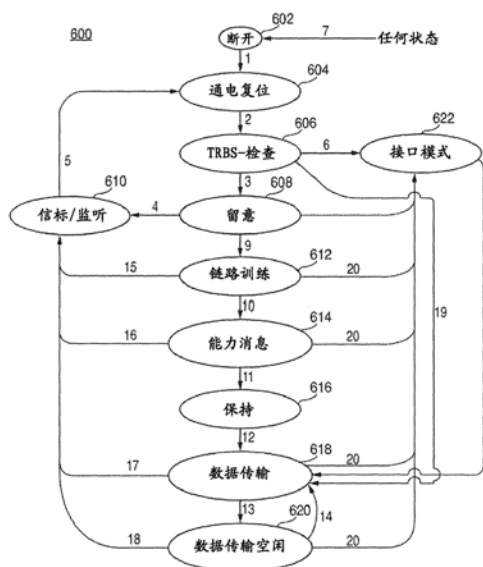
权利要求书3页 说明书47页 附图30页

(54)发明名称

极高频系统及其操作方法

(57)摘要

本文所讨论的实施例涉及用于建立EHF无接触通信链路的系统、方法和电路。EHF无接触通信链路可以充当常规板到板和设备到设备连接器的另选方案。链路可以是能够支持一定范围数据率的低等待时间的协议透明通信链路。链路可以通过设备之间的紧密接近耦合来建立,其中每个设备包括至少一个EHF通信单元。建立EHF通信链路中所涉及的每个EHF单元可以在数据可在设备之间传送之前前进通过一系列步骤。这些步骤可以由在每个EHF通信单元中实现的一个或多个状态机控制。



1. 一种无接触通信接收器单元CCRU,用于与第一无接触通信发送器单元建立无接触通信链路并且用于经由至少一条有线路径与至少第二无接触通信发送器单元通信,其中CCRU和第二无接触通信发送器单元与第一设备相关联,并且其中第一无接触通信发送器单元与第二设备相关联,该CCRU包括:

多个引脚,其中至少第一引脚被用来经由第一设备内的有线路径与第二无接触通信发送器单元通信;

换能器,用于从位于第二设备中的第一无接触通信发送器单元接收极高频EHF无接触信号;及

电路,操作为:

执行在无接触通信链路建立期间跟踪CCRU的状态的CCRU状态机,其中状态机响应于由换能器接收的信号而过渡通过多个状态;及

响应于状态过渡而在被用来与第二无接触通信发送器单元通信的至少一个引脚上选择性地驱动信号,其中CCRU是包括该CCRU、第一无接触通信发送器单元和第二无接触通信发送器单元、与第二设备相关联的第二无接触通信接收器单元的唤醒回路的一部分,并且其中CCRU使用唤醒回路来推进状态改变过渡。

2. 如权利要求1所述的无接触通信接收器单元,其中所述多个状态包括链路训练状态、能力消息状态以及数据传输状态,其中在能力消息状态中,能力消息被从第一无接触通信发送器单元发送到CCRU。

3. 如权利要求2所述的无接触通信接收器单元,其中当换能器接收到信标信号时,状态机过渡到链路训练状态。

4. 如权利要求2所述的无接触通信接收器单元,其中在CCRU与第一无接触通信发送器单元之间的无接触通信链路经过训练之后,状态机过渡到能力消息状态。

5. 如权利要求2所述的无接触通信接收器单元,其中在能力消息被从第一无接触通信发送器单元接收到并且被CCRU确认之后,状态机过渡到数据传输状态。

6. 如权利要求5所述的无接触通信接收器单元,其中所述多个状态包括迟滞状态,其中在过渡到数据传输状态之前,状态机从能力消息状态过渡到迟滞状态。

7. 如权利要求2所述的无接触通信接收器单元,其中所述多个状态包括数据传输空闲状态,其中状态机从数据传输状态过渡到数据传输空闲状态,以节省电力。

8. 如权利要求2所述的无接触通信接收器单元,其中所述多个状态包括至少一个初始化状态,并且其中所述电路操作为响应于从所述至少一个初始化状态到链路训练状态的状态过渡而在被用来与第二发送器单元通信的第二引脚上驱动信号。

9. 如权利要求1所述的无接触通信接收器单元,其中所述多个引脚包括至少一个传输模式选择引脚,其中无接触通信链路根据由所述至少一个传输模式选择引脚设置的传输模式来传输数据。

10. 如权利要求2所述的无接触通信接收器单元,其中数据传输模式是基于标准的传输模式。

11. 一种无接触通信发送器单元CCTU,用于与第一无接触通信接收器单元建立无接触通信链路并且用于经由至少一条有线路径与第二无接触通信接收器单元通信,其中CCTU和第二无接触通信接收器单元与第一设备相关联,并且其中第一无接触通信接收器单元与第

二设备相关联,该CCTU包括:

多个引脚,其中至少一个引脚被用来经由第一设备内的有线路径与第二无接触通信接收器单元通信;

换能器,用于向第一无接触通信接收器单元发送极高频EHF无接触信号;

电路,操作为:

执行在无接触通信链路建立期间跟踪CCTU的状态的CCTU状态机,其中状态机响应于由所述至少一个引脚接收的信号而过渡通过多个状态;及

响应于状态过渡,使用换能器选择性地发送EHF信号,其中CCTU是包括至少第一无接触通信接收器单元和第二无接触通信接收器单元、CCTU和与第二设备相关联的第二无接触通信发送器单元的唤醒回路的一部分,并且其中CCTU状态机使用唤醒回路来推进状态改变过渡。

12. 如权利要求11所述的无接触通信发送器单元,其中被用来经由有线路径与第二无接触通信接收器单元通信的所述至少一个引脚是芯片间通信引脚。

13. 如权利要求12所述的无接触通信发送器单元,其中芯片间通信引脚接收使状态机过渡到新状态的信号。

14. 如权利要求11所述的无接触通信发送器单元,其中选择性发送的EHF信号确定状态机的将来状态。

15. 如权利要求11所述的无接触通信发送器单元,其中由所述至少一个引脚接收的信号是从CCTU状态机中的状态改变过渡得出的。

16. 如权利要求11所述的无接触通信发送器单元,其中所述多个状态包括至少一个初始化状态,其中所述多个引脚之一是信标启用引脚,并且其中当信标启用引脚被驱动为HIGH时,状态机过渡到所述至少一个初始化状态。

17. 如权利要求16所述的无接触通信发送器单元,其中当信标启用引脚被驱动为LOW时,状态机过渡到OFF状态。

18. 如权利要求16所述的无接触通信发送器单元,其中所述至少一个初始化状态包括使电路经由换能器发射信标发送EHF信号的信标发送状态。

19. 如权利要求11所述的无接触通信发送器单元,其中所述多个状态包括链路训练状态、能力消息状态以及数据传输状态,其中在能力消息状态中,能力消息被从所述换能器发送到第一无接触通信接收器单元。

20. 如权利要求19所述的无接触通信发送器单元,其中数据传输模式是基于标准的传输模式。

21. 一种用于建立多个EHF通信单元之间的EHF通信链路的方法,包括:

执行跟踪所述多个EHF通信单元中的第一EHF通信单元的状态以建立EHF通信链路的状态机,状态机操作为响应于由上游EHF通信单元提供的信号而过渡通过多个状态,其中执行状态机包括:

确定是否响应于由上游EHF通信单元接收到的信号而过渡到所述多个状态中选定的一个状态;

当确定要过渡到选定的状态时,过渡到该选定的状态;及

响应于状态过渡而向下游EHF通信单元传送信号,其中上游EHF通信单元和下游EHF通

信单元被包括在所述多个EHF通信单元中,并且其中第一EHF通信单元、上游EHF通信单元和下游EHF通信单元被包括为唤醒回路的一部分,状态机使用唤醒回路来过渡通过所述多个状态。

22. 如权利要求21所述的方法,其中被传送到下游EHF通信单元的信号确定状态机的将来状态。

23. 如权利要求21所述的方法,其中执行状态机包括当确定不过渡到选定的状态时过渡到信标/监听状态。

24. 如权利要求21所述的方法,其中执行状态机包括过渡到串行接口控制模式。

25. 如权利要求21所述的方法,其中选定的状态包括链路训练状态。

26. 如权利要求25所述的方法,还包括向下游EHF通信单元发送链路训练数据。

27. 如权利要求25所述的方法,还包括:

从上游EHF通信单元接收链路训练数据;及

基于接收到的链路训练数据来校准第一EHF通信单元。

28. 如权利要求21所述的方法,其中选定的状态包括能力消息状态,其中在能力消息状态中,能力消息数据被从第一EHF通信单元发送到下游EHF通信单元。

29. 如权利要求28所述的方法,还包括:

从上游EHF通信单元接收能力消息数据;及

确认接收到的能力消息数据。

30. 如权利要求21所述的方法,其中选定的状态包括数据传输状态。

31. 如权利要求30所述的方法,其中数据传输模式是基于标准的传输模式。

32. 如权利要求21所述的方法,还包括:

确定与通信链路一起使用的数据传输模式;

利用所建立的通信链路根据数据传输模式无接触地传输数据。

33. 如权利要求21所述的方法,还包括:

周期性地激活电路,以执行信标发送操作和监听操作之一。

## 极高频系统及其操作方法

[0001] 相关申请

[0002] 本专利申请要求于2013年3月15日提交的美国临时专利申请No. 61/799,510的权益,其全部内容通过引用被结合于此。

### 技术领域

[0003] 本公开内容涉及极高频(extremely high frequency,“EHF”)系统及其使用方法。

### 背景技术

[0004] 电子设备可以“连接”到一起,以使数据能够在设备之间传送。通常,两个设备之间的连接可以是有线连接或无线连接。诸如USB(通用串行总线)的有线连接通常是点到点的,并且需要每个设备处的机械连接器以及设备之间的电缆。诸如WiFi或蓝牙的无线连接可以以“广播”模式操作,其中一个设备可以同时与几个其它设备经RF(射频)链路通信,RF链路通常在700MHz-5.8 GHz的范围内。不管连接是有线连接还是无线连接,都需要建立链路,以便允许数据传送到设备、从设备传送和/或在设备之间传送。无线连接的另一个例子包括近场通信(NFC),这可以使得在两个源彼此紧密接近时数据能够从一个源传送到另一个源。

### 发明内容

[0005] 本文所讨论的实施例涉及用于建立EHF无接触通信链路的系统、方法和电路。EHF无接触通信链路可以充当常规板到板或者设备到设备的连接器的另选方案。链路可以是能够支持一定范围数据率的低等待时间、协议透明的通信链路。链路可以通过设备之间的紧密接近耦合来建立,其中每个设备包括至少一个EHF通信单元。建立EHF通信链路中所涉及的每个EHF单元可以在数据可在设备之间传送之前前进通过一系列步骤。这些步骤可以由在每个EHF通信单元中实现的一个或多个状态机控制。(一个或多个)状态机在本文可以被称为(一个或多个)意识进展(progression of consciousness,POC)状态机。每个EHF通信单元可以实现其自己的POC状态机,以便与对等单元建立链路。例如,如果一个EHF通信单元充当发送器单元,则其对等单元可以是接收器单元。

[0006] 每个POC状态机可以协作,以在建立一条或多条无接触通信链路之前使其各个通信单元逐步过渡通过多个状态。协作可能是必需的,因为建立无接触通信链路并且使数据能够从主机系统直接传送到无接触通信链路上的机制和过程是在没有(例如)机械(电,非RF)连接器和电缆的媒介的情况下执行的。照此,因为在EHF通信单元之间不存在电气连接(除了有可能用于输送电力之外),所以POC状态机可以在建立无接触通信链路之前依赖于“唤醒”回路(在本文有时候被称为闭合链路回路)彼此通信。

[0007] 唤醒回路可以是单元间的通信通道,其包括有线和无接触路径的组合。唤醒回路还可以包括所必需那么多的无接触单元,以提供建立一条或多条通信链路所需的通信通道。唤醒回路可以在无接触通信单元当中定义上游和下游关系。唤醒回路的方向可以基于对于每个通信单元的发送器/接收器指定。POC状态机的协作本质可以被实现,因为第一POC

状态机的状态改变过渡可以绕唤醒回路传播,以在每个下游POC状态机中引起新状态改变。每个状态改变过渡可以提示任何给定的通信单元通知其紧接着的下游单元关于其状态变化,由此提示该下游单元的POC状态机过渡到新状态。因此,为了让第一POC状态机过渡到新状态,可能必须等待状态改变沿回路一直传播,返回到该第一POC状态机。因此,在第一POC状态机可以过渡到新状态之前,第一POC状态机可能必须等待紧接着的上游单元的状态机过渡到新状态并且接收该过渡的通知。新状态改变过渡的这种传播可以继续绕唤醒回路循环,直到使一条或多条链路能够在设备之间发送数据。

[0008] 每个通信单元执行其自己的POC状态机,状态机可以包括几个不同状态。为了让POC状态机引起从一个状态到另一个状态的状态改变过渡,可能必须得满足一个或多个条件。这些条件当中的一些可以作为通知从通信单元外部的源提供或者可以在通信单元内部生成。源自外部的通知或信号可以经由构成单元的集成电路封装的部分的引脚或者收发器来接收。

[0009] 在一种实施例中,系统可以包括第一和第二设备,每个设备包括一个或多个无接触通信单元。每个通信单元可以操作为执行其自己的状态机,以启用第一和第二设备之间的至少一条无接触通信链路。状态机可以协作,以使其各个通信单元逐步过渡通过多个状态,使得当每个状态机到达数据传输状态时,所述至少一条无接触通信链路被启用。

[0010] 在另一种实施例中,提供了用于建立与第一无接触通信发送器单元的无接触通信链路并且用于经由至少一条有线路径与至少第二无接触通信发送器单元通信的无接触通信接收器单元。无接触通信接收器单元可以包括多个引脚,其中至少一个引脚被用来经由有线路径与第二发送器单元通信,还可以包括用于从第一发送器单元接收极高频(EHF)无接触信号的换能器、以及电路。电路可操作为执行状态机,当接收器单元尝试建立无接触通信链路时,状态机管理接收器单元的意识进展,其中状态机响应于由换能器接收的通知而过渡通过多个状态;并且响应于每次状态过渡而在被用来与第二发送器单元通信的所述至少一个引脚上驱动信号。

[0011] 在还有另一种实施例中,提供了用于建立与第一无接触通信接收器单元的无接触通信链路并且用于经由至少一条有线路径与第二无接触通信发送器单元通信的无接触通信发送器单元。无接触通信发送器单元可以包括多个引脚,其中至少一个引脚被用来经由有线路径与第二发送器单元通信,还可以包括用于向第一接收器单元发送极高频(EHF)无接触信号的换能器、以及电路。电路可操作为执行状态机,当发送器单元尝试建立无接触通信链路时,状态机管理发送器单元的意识进展,其中状态机响应于由所述至少一个引脚接收的通知而过渡通过多个状态,并且响应于每次状态过渡而利用换能器发送EHF信号。

[0012] POC状态机的一个或多个状态的操作可以依赖于POC状态机在被配置为作为接收器还是发送器操作的EHF单元中实现而变化。例如,一个状态可以是信标/监听状态,该状态可以使单元能够在推进通过附加状态以建立通信链路之前操作在相对低的功率模式。发送器单元可以被配置为在处于这个状态时发送EHF信标发送信号,而接收器单元可以被配置为监听EHF信标发送信号。作为具体的例子,装置可以包括EHF收发器和耦合到EHF收发器的控制电路。控制电路可以操作为通过执行响应于满足多个条件当中的任何一个而从状态到状态过渡的状态机来控制与另一装置的EHF通信链路的建立,并且基于装置的配置选择性地执行信标发送循环和监听循环之一,其中,如果配置是发送器配置,则执行信标发送循

环,并且其中,如果配置是接收器配置,则执行监听循环。控制电路可以执行信标发送循环和监听循环当中选定的一个,直到状态机过渡到新状态为止。

[0013] 链路训练状态可以是依赖于它在发送器还是接收器单元中实现而变化的另一状态。链路训练可以使接收器单元能够基于由发送器单元发送的“链路训练”信号来校准其自己。当处于链路训练状态时,发送器单元可以发送链路训练信号。当处于链路训练状态时,接收器单元可以接收并处理链路训练信号并校准其自己,以便从发送器单元接收将来的EHF信号。作为具体的例子,装置可以包括EHF收发器和控制电路。控制电路可以通过执行响应于满足多个条件当中的任何一个而从状态到状态过渡的状态机来控制与另一装置的EHF通信链路的建立,选择性地执行链路训练模式的发送和至少一个参数的校准之一,其中,如果配置是发送器配置,则执行链路训练模式的发送,并且,如果配置是接收器配置,则执行至少一个参数的校准,并且执行发送和校准当中选定的一个,直到状态机过渡到新状态为止。

[0014] 能力消息传送状态可以是依赖于它在发送器还是接收器单元中实现而变化的另一状态。能力消息可以由发送器单元发送并由接收器单元接收。能力消息可以包括例如使发送器和接收器单元能够确认它们是否可以建立链路和数据可根据其被传送的协议的信息。作为具体的例子,装置可以包括EHF收发器和控制电路。控制电路可以通过执行响应于满足多个条件当中的任何一个而从状态到状态过渡的状态机来控制与另一装置的EHF通信链路的建立,选择性地执行能力消息的发送和接收到的能力消息的确认之一,其中,如果配置是发送器配置,则执行能力消息的发送,并且,如果配置是接收器配置,则执行接收到的能力消息的确认,并且执行发送和确认当中选定的一个,直到状态机过渡到新状态为止。

[0015] 省电模式状态或数据传输空闲状态可以是依赖于它在发送器还是接收器单元中实现而变化的另一状态。省电状态可以在EHF通信链路建立之后当没有数据要经该链路传送时使EHF通信单元能够断电选择的电路。发送器单元可以向接收器单元发送“保持存活”信号,以防止其超时并退出其省电模式。接收器单元可以周期性地开启,以监测发送器是否在发送“保持存活”信号。当它们接收到过渡到新状态(例如,数据传输状态)的指令时,发送器和接收器单元可以传输这么做。作为具体的例子,装置可以包括EHF收发器和控制电路。控制电路可以通过执行响应于满足多个条件当中的任何一个而从状态到状态过渡的状态机来控制与另一装置的EHF通信链路的建立,与该装置建立EHF通信链路以便在建立与该装置的EHF通信链路之后选择性地启用数据的发送和接收之一,监测经EHF通信链路传送的数据的缺失,并且响应于监测到的经EHF通信链路传送的数据缺失而进入省电状态,直到状态机过渡到新状态为止。

[0016] 本文给出的通信系统是独特的,因为通信单元具有提供宽带通信特性但同时通过比现有解决方案低得多的复杂性和成本而消耗少得多的电力的灵活性。最大化公共载波频率周围的带宽使用需要使用多个通信单元,每个单元在某个时间段作为发送器或接收器操作。每个单元可以利用相同载波操作在或者全双工模式或者半双工模式。使用相同载波(或者基本上相似的载波频率)用于同一系统中不同通信单元需要通信单元的空间分离。为了让系统中的通信单元与伙伴系统高效且有效地通信,它们必须能够同步它们的操作(和/或状态)。同一系统中的通信单元可以利用电信令传送关于状态(status or state)的控制信息,同时这些相同单元可以通过EHF信令与(不同系统中的)伙伴通信单元通信。基于特定系

统的需求,基于来自主机系统的请求,特定的通信单元可以被通电,并且这个通信单元可以负责启动同一系统中和/或伙伴系统中(一个或多个)通信单元的唤起(bring up)。通信单元可能需要经过多个状态,其中状态过渡可以部分地依赖于一个或多个其它通信单元的状态。这需要所有通信单元中状态的同步。为了实现此目的,控制信息可以在闭合回路中经过通信单元。此外,来自主机系统的、通过通信单元被传送的数据必须被透明地传送,只有来自主机系统的很少或没有干预。经EHF链路在EHF通信单元之间传送的控制信息可以使用与经EHF链路在两个主机系统之间传送的数据信息相似的信令特性。例如,控制信息可以经60 GHz的载波利用调制方案发送,该调制方案可以与当数据信息经EHF链路在两个主机系统之间传送时的调制方案相似。

[0017] 本文给出的通信系统有几个关键的优点。通过物理地分离同一系统中的通信单元并且优化无接触通信的连接距离,通信单元可以通过空间分离经相同的EHF频率操作,具有最小的干扰。通信单元的设计可以更简单,因为来自典型无线系统的许多约束(例如,利用多个频带进行通信)已经被放松或者完全被除去。例如,由于与邻居单元的紧密通信距离和最小干扰,单元可以被设计为利用EHF信号的简单调制来通信并且没有附加的差错检测或校正电路。此外,EHF发送单元可以与EHF接收单元物理上完全相同(相同的硅掩模组)并且单个芯片可以被配置为发送器、接收器,或者可以交替地被编程为或者是发送器或者是接收器。通过对所有通信单元使用非常相似的设计,开发和实现成本可以减小。

[0018] 本文所讨论的实施例的本质和优点的进一步理解可以参考本说明书和附图的其余部分来实现。

## 附图说明

[0019] 图1示出了根据实施例的通信系统;

[0020] 图2示出了根据实施例的通信系统,其中两个电子设备经两条或更多条无接触通信链路彼此通信;

[0021] 图3是根据实施例的EHF通信单元的说明性示意图;

[0022] 图4是根据实施例的EHF通信单元的说明性侧视图;

[0023] 图5是根据实施例的EHF通信单元的等距视图;

[0024] 图6示出了根据实施例的显示状态机的不同状态的说明性流程图;

[0025] 图7示出了根据实施例的对应于图6的状态机过渡的说明性状态改变条件的图表;

[0026] 图8是根据实施例的状态改变和信号状态的说明性时序图;

[0027] 图9是根据实施例的、包括在唤醒回路中布置的几个EHF通信单元的说明性系统;

[0028] 图10是根据实施例的、包括在唤醒回路中布置的几个EHF通信单元的另一说明性系统;

[0029] 图11是根据实施例的、包括在唤醒回路中布置的几个EHF通信单元的还有的另一说明性系统;

[0030] 图12示出了根据实施例的显示可以在执行信标/监听循环中使用的电路的说明性示意图;

[0031] 图13A-13D示出了根据各种实施例的说明性信标发送和监听时序图,每个都根据不同的时钟速度操作;

- [0032] 图14示出了根据实施例的可以由在信标发送的发送器单元执行的步骤的说明性流程图；
- [0033] 图15示出了根据实施例的可以由在监听信标信号的接收器单元执行的步骤的说明性流程图；
- [0034] 图16示出了根据实施例的根据内部时钟被串行化的三个不同的说明性符号；
- [0035] 图17示出了根据实施例的能力消息的说明性格式；
- [0036] 图18示出了根据实施例的可以由在处理接收到的能力消息的接收器单元采取的步骤的说明性流程图；
- [0037] 图19示出了根据实施例的显示哪些USB模式有效地一起工作以及哪些不这样的说明性表格；
- [0038] 图20示出了根据实施例的可以被访问以计算本地代码的说明性查找表；
- [0039] 图21示出了根据实施例的可以用于基于接收到的代码和本地代码的比较而被采取的说明性动作；
- [0040] 图22A-22C示出了根据各种实施例的用于被配置为根据几种不同USB模式之一操作的EHF芯片的不同连接图；
- [0041] 图23A和23B示出了根据各种实施例的用于被配置为根据几种不同Display Port (显示器端口)模式之一操作的EHF芯片的不同连接图；
- [0042] 图24示出了根据实施例的用于被配置为根据SATA或SAS数据传输模式操作的EHF芯片的连接图；
- [0043] 图25示出了根据实施例的用于被配置为根据多线数据传输模式操作的EHF芯片的连接图；
- [0044] 图26示出了根据实施例的用于被配置为根据以太网数据传输模式操作的EHF芯片的连接图；
- [0045] 图27示出了根据实施例的用于被配置为根据I2S数据传输模式操作的EHF芯片的连接图；
- [0046] 图28A-28C示出了根据各种实施例的用于被配置为根据GPIO或I2C数据传输模式操作的EHF芯片的不同的连接图；
- [0047] 图29示出了根据实施例的用于被配置为根据不需要意识进展的一般数据传输模式操作的EHF芯片的连接图；
- [0048] 图30示出了根据实施例的在数据传输空闲状态期间可以被发送器单元采取的步骤的说明性流程图；
- [0049] 图31示出了根据实施例的在数据传输空闲状态期间可以被接收器单元采取的步骤的说明性流程图；
- [0050] 图32示出了根据实施例的数据传输空闲保持存活循环的说明性时序图；
- [0051] 图33示出了根据实施例的通信系统,其中两个电子设备经无接触通信链路彼此通信；
- [0052] 图34示出了根据实施例的说明性时序图；
- [0053] 图35示出了根据实施例的可以被主要作为发送器单元操作的EHF通信单元采取的步骤的说明性流程图；及

[0054] 图36示出了根据实施例的可以被主要作为接收器单元操作的EHF通信单元采取的步骤的说明性流程图。

### 具体实施方式

[0055] 现在在下文中更完全地参照附图描述说明性实施例,在附图中示出了代表性例子。实际上,所公开的通信系统和方法可以以许多不同形式体现并且不应当被认为局限于本文所阐述的实施例。相同的标号贯穿全文指相同的元素。

[0056] 在以下的详细描述中,为了解释,阐述了众多具体的细节,以提供对各种实施例的透彻理解。本领域普通技术人员将认识到,这些各种实施例仅仅是说明性的并且不是要以任何方式进行限制。其它实施例将是受益于本公开内容的本领域技术人员很容易想到的。

[0057] 此外,为了清晰,本文描述的实施例的所有常规特征并未都被示出或描述。本领域普通技术人员将容易认识到,在任何此类实际实施例的开发中,可能需要大量特定于实施例的决定来实现具体的设计目标。这些设计目标将从一个实施例到另一个并且从一个开发者到另一个有所变化。而且,应当认识到,这种开发努力可能是复杂且耗时的,但仍然是受益于本公开内容的普通技术人员经历的例行工程设计。

[0058] 在如今的社会和无处不在的计算环境中,高带宽模块化和便携式电子设备正在越来越多地使用。这些设备之间和内部的通信的安全性和稳定性对于它们的操作是重要的。为了提供改进的安全高带宽通信,电子设备之间以及每个设备内的子电路之间无线通信的独特能力可以在创新和有用的布置中被利用。

[0059] 这种通信可以发生在射频通信单元之间,并且在非常近距离的通信可以利用EHF频率(通常,30-300GHz)在EHF通信单元中实现。EHF通信单元的例子是EHF通信链路芯片(comm-link chip)。贯穿本公开内容,术语通信链路芯片和通信链路芯片封装被用来指嵌在IC封装中的EHF天线。这种通信链路芯片的例子在美国专利申请公开No. 2012/0263244和2012/0307932中详细描述,这两个专利申请公开的全部内容出于各种目的被结合于此。通信链路芯片是通信设备的例子,也被称为通信单元,不管它们是否提供无线通信以及它们是否操作在EHF频带中。

[0060] 首字母缩写“EHF”代表极高频,并且指在30GHz至300GHz(千兆赫兹)范围中的电磁(EM)频谱的一部分。术语“收发器”可以指诸如包括发送器(Tx)和接收器(Rx)的IC(集成电路)的设备,使得集成电路可以被用来既发送又接收信息(数据)。一般而言,收发器可以操作在半双工模式(在发送和接收之间交替)、全双工模式(同时发送和接收)或者被配置为发送器或接收器。收发器可以包括用于发送和接收功能的单独集成电路。如在本文所使用的,术语“无接触”、“耦合对”和“紧密接近耦合”指在实体(诸如设备)之间实现电磁(EM)而不是电(有线的、基于接触的)连接以及实现信号的传输。如在本文所使用的,术语“无接触”可以指载波辅助的介电耦合系统,该系统可以具有在零至五厘米范围中的最优范围。连接可以通过一个设备与另一设备的接近度来确认。多个无接触发送器和接收器可以占用小的空间。与通常广播到几个点的无线链路形成对照的是,利用电磁(EM)建立的无接触链路可以是点到点的。

[0061] 由如本文所描述的EHF收发器输出的RF能量可以被设计为遵守由一个或多个政府或他们的代理托管的各种需求。例如,FCC可以颁布对在RF频带中发送数据的证书的需求。

[0062] “标准”以及诸如“基于标准的”、“基于标准的接口”、“基于标准的协议”等相关术语可以指有线接口标准,这可以包括但不限于USB、DisplayPort (DP)、Thunderbolt (迅雷)、HDMI、SATA/SAS、PCIe、以太网SGMII、Hypertransport、Quickpath、I2S、GPIO、I2C及其扩展或修订。

[0063] 图1示出了通信系统100,其中两个电子设备102和122可以经无接触通信链路150彼此通信。数据可以在至少一个方向传送,从可以被认为是用于发送要被传送的数据的“源”的第一设备102到可以被认为是用于接收被传送的数据的“目的地”的第二设备122。参考图1,可以描述数据从第一设备102到第二设备122的传送。但是,应当理解,数据可以另选地或者附加地从第二设备122(充当用于发送数据的“源”)向第一设备102(充当用于接收数据的“目的地”)传送,并且,在给定的通信会话期间,信息常常可以在设备102与122之间的两个方向中都被交换。

[0064] 为了说明的清晰,设备102和122将被描述为彼此的“镜像”,但是应当理解,这两个设备102和122可以彼此不同。例如,其中一个设备可以是膝上型计算机,另一个设备可以是移动电话。可受益于本文所公开的技术的电子设备的例子可以包括手机(或手持机、或智能手机)、计算机、扩展坞(驻坞站)、膝上型电脑、平板电脑或类似的电子设备,等等。

[0065] 第一电子设备102可以包括主机系统104和无接触通信单元(可以被称为“智能”无接触连接器、通信子系统、“智能连接器”、“无接触连接器”或者简单地“连接器”)106。与电子设备关联的单元106一般而言可能能够执行与第二设备122的单元126建立无接触链路150并管理其操作、监测和修改经过单元106到链路150上的数据、以及与主机系统104相接口并提供对其的应用支持当中的至少一个。单元106的关于与链路150、数据和主机系统104的交互的这些功能可以在下文中(或者在本公开内容中别的地方)描述和详细说明并更详细地讨论。

[0066] 与第一设备102关联的单元106可以包括以下一些或全部元件:电气接口108、处理器110和关联的存储器112、控制电路114、测量电路116以及一个或多个收发器118。这各个元件(110-118)的操作可以在下文中(或者在本公开内容中的别的地方)描述和详细说明并更详细地讨论。

[0067] 第二电子设备122可以包括主机系统124和无接触通信单元(可以被称为“智能”无接触连接器、或者“通信单元”、或者“智能连接器”、或者“无接触连接器”或者简单地“连接器”)126。与电子设备关联的连接器126一般而言可能能够与第一设备102的单元106建立无接触链路150并管理其操作、监测和修改经过单元126到链路150上的数据以及与主机系统124相接口并提供对其的应用支持。单元126的关于与链路150、数据和主机系统124的交互的这些功能可以在下文中(或者在本公开内容中的别的地方)描述和详细说明并更详细地讨论。

[0068] 与第二设备122关联的单元126可以包括以下一些或全部元件:电气接口128、处理器130和关联的存储器132、控制电路134、测量电路136以及一个或多个收发器138。这各个元件(130-138)的操作可以在下文中(或者在本公开内容中的别的地方)描述和详细说明并更详细地讨论。

[0069] 单元106和126可以无需来自主机处理器(分别在主机系统104和124中)的干预而操作,并且可以分别控制主机系统104和124或者它们的部分。单元106和126可以打开/激活

应用、返回状态/功率级、连接参数、数据类型、关于被连接的设备/系统的信息、内容信息、被传送的数据的量和类型,包括基于连接类型、链路管理、限额信息、通道控制等的设备配置。

[0070] (图中)在单元106和126周围示出的虚线矩形可以仅仅代表功能的“分区”,分别分离(区分)单元106和126与主机系统104和204。在虚线矩形之外(用符号)示出的天线可以被认为在单元106和126的功能框内,但是可以部署在组成无接触连接器的通信芯片内部或外部。(图中)在单元106和126周围示出的虚线矩形还可以表示非导电屏障(外壳、外罩等等,未示出),诸如分别封住单元106和126或整个设备102和122的塑料或丙烯酸类的,如上文所描述的。

[0071] 电气接口108和128可以包括(一个或多个)通信端口/(一个或多个)通道,以便分别与主机系统104和204通信。主机系统104和204可以具有它们自己的处理器和关联的电路(未示出)。

[0072] 处理器110和130可以是嵌入式微处理器或者微控制器或者状态机,可以运行用于连接的管理OS,并且可以具有内置的认证/加密引擎。或者单独地或者与本文给出的其它元件相结合,处理器110和130可以操作为管理通信链路、监测经过单元以及经由通信链路的数据、或者提供对主机系统的应用支持、或者执行一个或多个状态机、或者其变体,如从本文阐述的几个功能描述可以变得显然的。在更广泛的意义上,单元106和126能够执行本文所描述的(至少一个)各种功能其中的一个或多个。

[0073] 存储器112和132可以是RAM(随机存取存储器)、NVRAM(非易失性RAM)等等,并且可以包括包含配置、状态、许可、内容许可、用于认证/加密的密钥等等的寄存器。

[0074] 控制电路114和134可以包括能够监测链路状态和/或在数据分别经过单元106或126时主动并发地(“实时地”)对数据附加或改变数据的任何合适的电路。

[0075] 测量电路116和136可以包括能够观察(监测)连接状态、连接类型和被发送的数据的任何合适的电路。传感器(未示出)可以被包括,以监测信号强度、周围环境状况,等等。信噪比可以被用作信号质量的指示符。

[0076] 收发器118和138可以包括适于在(用于主机系统的)电信号和(用于无接触通信链路的)电磁(EM)信号之间转换的任何收发器(及关联的换能器或天线),诸如上文已经描述过的。收发器118和138可以每个都是半双工收发器,该半双工收发器可异步地把基带信号转换成在30-300GHz或更高(诸如60GHz)载波频率处的经调制的EHF(极高频)载波,其中载波是从内部或外部天线(仅示意性地示出)辐射的,或者该半双工收发器可接收并解调载波并再现原始的基带信号。EHF载波可以穿透广泛多种多样的常用非传导性材料(玻璃、塑料,等等)。

[0077] 应当理解,如果只需要单向通信,诸如从第一设备102到第二设备122,则收发器118可以由发送器(Tx)代替并且收发器138可以由接收器(Rx)代替。

[0078] 如果需要的话,用于收发器118和138的发送功率和接收灵敏度可以被控制,以最小化EMI(电磁干扰)效果并简化FCC证明。

[0079] 收发器118和138可以实现为包括发送器(Tx)、接收器(Rx)和相关部件的IC芯片。(一个或多个)收发器芯片可以以常规方式封装,诸如以BGA(球栅阵列)格式。天线可以集成到封装中,或者可以在封装外部,或者可以集成到芯片本身上。示例性单元106、126可以包

括一个、两个或更多个收发器芯片。收发器118和138的一些特征或特性可以包括低等待时间信号路径、多千兆位数据率、链路检测和链路训练。由收发器118和138发送的信号可以以任何合适的方式被调制,以便把从一个设备传送的数据传达到另一个设备,其一些非限制性例子在本文给出。调制可以是OOK(开/关键控)、ASK、PSK、QPSK、QAM或者其它类似的简单调制技术。信号可以被一个收发器(诸如118)编码和打包并发送,并且被另一个收发器(诸如138)解包和解码。带外(OOB)信令或其它合适的技术可以被用来传达除在两个设备之间传送的数据之外的或者与该数据有关的信息。

[0080] 可以被实现为芯片的收发器118和138、或者单独的发送器和接收器可以在工厂被序列化的,使得芯片及其发送可以被“加标签”(加指纹),这可以使得能够随后为数字版权管理(DRM)执行取证分析。例如,受保护的(高级)内容可以自由地(无阻碍地)从一个设备传送到另一个设备,但是事务可以被追踪到所涉及的具体设备,使得事务中的参与者可以承担责任(诸如,计费)。高级受保护内容可以被修改,向其附加数据,并且可以利用芯片ID、用户ID或者通过其它手段来记录。

[0081] 通信链路150可以是“无接触”链路,并且第一和第二单元106和126可以是“无接触”连接器,如本文所描述的。本文公开的单元106和126与常规的机械连接器之间的差异可以是马上显现的,并且可以在本文进行描述。这些单元可以被认为是主机设备的通信子系统。在这点上,本文公开的无接触连接器106和126与诸如以太网(标准)控制器的控制器之间的差异可以不是马上显现的,因为二者都可以处理主机系统与通信链路之间的数据流。但是,本文公开的无接触连接器与示例性标准控制器之间的区分在于本文公开的无接触连接器既设置无接触通信链路又从主机系统直接把数据传送到无接触通信链路上,而没有(例如)机械(电,非RF)连接器和电缆的媒介。进一步的区分可以以如下方式做出,即本文公开的无接触连接器能够与主机系统独立且透明地操作而无需主机意识或交互。

[0082] 电子设备102和122之间的数据传送可以经“无接触”射频(RF)电磁(EM)通信链路(接口)150来实现,这分别基本上完全由第一和第二设备102和122的单元106和126处理。设备102和122之间的信号流动经非电(介电)介质以电磁方式发生,非电(介电)介质诸如空气间隙、波导、塑料(聚乙烯、热塑性聚合物、聚偏二氟乙烯、含氟聚合物、ABS以及其它塑料),包括这些材料的组合。EHF信号可以穿过诸如硬纸板的其它介电材料。EHF信号可以穿过一系列不同的介电材料和/或波导。

[0083] 与诸如NFC的现有技术形成对照,由于EHF无接触通信所启用的高数据率,大的数据文件(诸如电影、音频、设备图像、操作系统等等)可以在非常短的时间段内被传送。作为例子,1千兆字节的数据文件可以在仅仅2秒钟内被传送。通常可以经空气间隙的电磁通信可以被限制到短距离,诸如0-5cm。诸如介电耦合器的介电介质可以被用来把设备102和122之间的无接触链路的范围扩展到几厘米(cm)、几米或更多。

[0084] 通信链路可以包括介电介质,介电介质可以包括空气间隙、波导和塑料中的一个或多个。另选地,通信链路可以是传导性介质中的缝隙天线,缝隙天线以期望方向引导无接触连接性。设备(至少无接触连接器)可以基本上完全被传导性介质封住,除了被期望发射EHF辐射和从伙伴设备(至少其无接触连接器)接收EHF辐射的位置之外,其中伙伴设备也可以类似地基本上完全被传导性介质封住。

[0085] 应当理解的是,在本文讨论的无接触链路的这种和任何其它实施例中,总体通信

系统可以被实现为无接触和物理链路的组合。此外,本文描述的一些技术可以应用到经物理链路(诸如电缆和连接器)传送数据。类似地,本文描述的一些技术可以应用到经无线链路(诸如WiFi或蓝牙)传送数据。以下将主要描述无接触链路对于在两个设备之间传送数据的使用。

[0086] 设备102和122当中的一个或两个可以具有两个(或更多个)收发器。具有两个(或更多个)收发器可以支持反馈回路、等待时间、改变、全双工操作,并且同时建立第二通信链路(诸如用于与主机系统进行通信)。示例性“数据流”可以如下前进。源自主机系统104的数据(或者源自单元106的数据)可以由单元106经由其收发器118提供到通信链路150上。数据穿过(或经过)通信链路150。由单元126的收发器138从通信链路150接收的数据可以被提供给主机系统124(或者可以保留在单元126中)。数据可以在反方向流动,从主机系统124经由单元126(或者源自单元126)到无接触链路150上再到单元106,单元106可以把数据传递到主机系统104。

[0087] 图2示出了根据实施例的通信系统200,其中两个电子设备210和220可以经两条或更多条无接触通信链路彼此通信。系统200可以在许多方面类似于系统100,但是为了说明和简化讨论的目的,示出每个设备包括两个EHF通信单元。而且,系统200中的任何EHF通信单元可以与系统100中的EHF通信单元相同或基本相同。照此,单元106和126的更简化表示在图2中示出。如果期望的话,则每个设备可以包括三个、四个、五个或更多个EHF通信单元。第一设备210可以包括EHF通信单元212、EHF通信单元214以及主机系统216。一条或多条有线路径213可以直接把EHF通信单元212和214连接到一起。主机系统216可以与EHF通信单元212和214通信。在一些实施例中,EHF通信单元212和214可以通过主机系统216彼此通信。在其它实施例中,主机系统216可能能够在至少一条有线路径213上驱动信号。类似地,第二设备220可以包括EHF通信单元222、EHF通信单元224以及主机系统226。一条或多条有线路径223可以直接把EHF通信单元222和224连接到一起。主机系统226可以与EHF通信单元222和224通信。在一些实施例中,EHF通信单元222和224可以通过主机系统226彼此通信。在其它实施例中,主机系统226可能能够在至少一条有线路径223上驱动信号。主机系统216和226可以类似于主机系统104和124,二者都包括特定于其各自设备的电路并且由此使设备210和220能够为其预期的功能而操作。

[0088] 在一些实施例中,每个EHF通信单元212、214、222和224可以与以上讨论的EHF通信单元106或126相同。照此,EHF通信单元212、214、222和224包括能够被配置为发送和/或接收EHF信号的收发器。例如,在一种方法中,单元212和224可以被配置为接收EHF信号并且单元214和222可以被配置为发送EHF信号。因此,在这种方法中,无接触通信链路230可以在EHF通信单元212和222之间存在,并且无接触通信链路232可以在EHF通信单元214和224之间存在。如图所示,单元212和222可以一起工作,作为经链路230通信的耦合单元对,并且单元214和224可以一起工作,作为经链路232通信的另一耦合单元对。如果一个或多个附加的耦合单元对要被包括在系统200中,则附加的通信链路也将存在。

[0089] 本文讨论的实施例涉及用于在耦合的EHF通信单元对之间建立无接触通信链路的系统、方法和电路。为了让设备210和220利用一条或多条无接触链路彼此通信,负责建立那些链路的EHF单元可能不得不在数据可在设备之间传送之前通过一系列步骤。这些步骤可以由在每个无接触通信单元中实现的一个或多个状态机来控制。总的来说,不管是一个还

是多个状态机被用来建立链路,这(一个或多个)状态机都可以在本文中被称作意识进展(POC)状态机。每个无接触通信单元可以实现其自己的POC状态机,以便建立与对等单元的链路。

[0090] 每个POC状态机可以协作,以便在启用一条或多条无接触通信链路之前使其各个通信单元逐步过渡通过多个状态。协作可能是必需的,因为建立无接触通信链路和使得数据能够从主机系统直接传送到无接触通信链路上的机制和过程是在没有(例如)机械(电,非RF)连接器和电缆的媒介的情况下执行的。照此,因为在例如单元212和222之间不存在电气连接(除有可能用于输送电力之外),所以POC状态机可以依赖于“唤醒”回路(有时在本文中被称为闭合链路回路)以在建立无接触通信链路之前彼此通信。在一些实施例中,POC状态机可以与主机系统的状态机协作。例如,进入通电或断电状态可以由主机系统指示。

[0091] 唤醒回路可以是包括有线和无接触路径的组合的单元间通信通道。唤醒回路还可以包括所必需那么多的无接触单元,以提供建立一条或多条通信链路所需的通信通道。在一些实施例中,可以只使用两个单元。只使用两个单元的唤醒回路可能需要每个单元的收发器的选择性选通(gating),使得回路可以经单个无接触路径而存在。在其它实施例中,如图2中所示,至少四个单元可以被用来定义唤醒回路。如图所示,系统200中的唤醒回路可以包括单元212、有线路径213、单元214、无接触路径232、单元224、有线路径223、单元222和无接触路径230。因此,在这种布置中,虽然单元212和222可以操作为建立链路230,但是它们可以依赖于唤醒回路彼此通信以建立链路230。例如,假设单元222作为发送器单元操作并且单元212作为接收器单元操作。由于单元222是发送器单元,因此它可能能够直接利用单元212经由链路230发送信号。但是,因为单元212作为接收器单元操作,所以它不能够经由同一链路230向单元222发送信号。相反,单元212可以利用唤醒回路中有线和无接触路径的组合间接地与单元222通信。在这个例子中,单元212可以经由有线路径213、单元214、链路232、单元224和有线路径223与单元222通信。因此,为了让耦合对在彼此之间来回传送信号,该耦合对可以充分利用唤醒回路(例如,连接到另一耦合对的有线路径,以及在该另一耦合对之间存在的无接触路径)。

[0092] 唤醒回路可以在无接触通信单元之间定义上游和下游关系。唤醒回路的方向可以基于对每个通信单元的发送器/接收器指定。例如,在系统200中,假设单元214和222是发送器,并且单元212和224是接收器,唤醒回路可以在顺时针方向前进。在顺时针方向的唤醒回路中,单元214可以是单元212的紧接着的下游,并且单元222可以是单元212的紧接着的上游。作为另一个例子,假设单元214和222是接收器,并且单元212和224是发送器,唤醒回路可以在逆时针方向前进。

[0093] POC状态机的协作本质可以被实现,因为第一POC状态机的状态改变过渡可以绕唤醒回路传播,以便在每个下游POC状态机中引起新的状态改变。每个状态改变过渡可以提示任何给定的通信单元通知其紧接着的下游单元关于它的状态改变,由此提示该下游单元的POC状态机过渡到新状态。因此,为了让第一POC状态机过渡到新状态,它可能不得等待状态改变绕回路一直传播,返回到第一POC状态机。因此,在第一POC状态机可以过渡到新状态之前,第一POC状态机可能不得等待紧接着的上游单元的状态机过渡到新状态,并且接收该过渡的通知。新状态改变过渡的这种传播可以继续绕唤醒回路循环,直到使得一条或多条链路能够在设备之间发送数据为止。为了开始唤醒回路,主机系统可以向一个或多个EHF

通信单元断言一个或多个信号。响应于来自主机系统的信号,作为目标的EHF通信单元的POC状态机可以过渡到新状态或者可以开始信标发送或监听,如以下描述的。

[0094] 如以上所讨论的,每个通信单元执行其自己的POC状态机。该POC状态机可以包括几个不同的状态(以下讨论)。为了让POC状态机使状态改变从一个状态过渡到另一个,可能必须得满足一个或多个条件。这些条件当中的一些可以作为通知从通信单元外部的源提供或者可以在通信单元内部生成。源自外部的通知可以经由组成单元的集成电路封装的一部分的引脚或者收发器来接收。为了提供讨论这种通知可以被接收和生成的情况的基础,现在参考图3-5。

[0095] 图3示出了根据实施例的EHF无接触通信单元300的说明性框图。单元300可以是例如包括几个引脚的集成电路。如图所示,单元300可以包括引脚301-313、EHF收发器320、天线325、高速电路330、低速电路340、接收器限幅器(slicer)和后放大(post-amp)电路350、发送器预处理电路352、电力管理电路360以及逻辑和控制电路370。逻辑和控制电路370可以包括几个模块,这些可以表示用于操作单元300的具体功能的硬件和/或软件部件。例如,逻辑和控制电路可以包括逻辑模块372、接口模式模块380以及信标/监听模块390。 $V_{DD}$ 引脚301可以耦合到用于给单元300供电的外部源。 $V_{DD2}$ 引脚307可以是如图所示的可选引脚,或者可以在内部接合到 $V_{DD}$ 引脚301。接地引脚306可以耦合到接地源(未示出)。高速电路330、低速电路340、接收器限幅器和后放大电路350以及发送器预处理电路352可以在本文共同被称为基带电路。电力管理电路360、逻辑和控制电路370、逻辑模块372、接口模块380以及信标/监听模块390可以在本文被称为控制电路。

[0096] 高速差动(“HSD”)引脚302和303可以充当用于高速电路330的输入和/或输出引脚。高速电路330可以操作为根据各种协议(包括例如USB、SATA、PCIe和Display Port)处理信号。低速差动(“LSD”)引脚304和305可以充当用于低速电路340的输入和/或输出引脚。低速电路340可以操作为根据各种协议(包括例如USB高速/全速、Display Port Auxiliary、I2S、GPIO、I2C以及其它低速信令方案)处理信号。在一些实施例中,低速电路340可以处理以相对于由高速电路330处理的协议而言较慢的速度操作的协议。在一些实施例中,高速电路和低速电路330和340可以提供基带功能。

[0097] 收发器320可以耦合到天线325、高速电路330和低速电路340。收发器320可以包括EHF接收器321和EHF发送器322。单元300可以被指定为作为发送器单元(在这种情况下,EHF发送器322被选择进行操作)或者接收器单元(在这种情况下,EHF接收器321被选择进行操作)操作。EHF接收器单元321可以经由接收器限幅器和后放大电路350耦合到高速电路330。接收器限幅器和后放大电路350可以帮助高速电路330处理高速协议。EHF接收器321或者接收器限幅器和后放大电路350的输出可以耦合到电路340。电路340可以在半双工模式或全双工模式下作为双向数据传送块操作,在电气接口304/305与EHF收发器320之间传送的数据之间充当缓冲区。EHF发送器322可以耦合到高速电路330和低速电路340。

[0098] 根据各种实施例,逻辑和控制电路370可以操作为控制单元300的操作。在一些实施例中,逻辑模块372可以对管理与另一单元的无接触链路的建立的意识进展状态机进行操作。逻辑和控制电路370可以与收发器320、高速电路330、低速电路340以及接收器限幅器和后放大电路350通信。逻辑和控制电路370可以使用接口模块380以串行接口控制模式操作单元300,诸如当使用串行外围接口协议(SPI)时。串行接口控制模式可以被用来执行各

种诊断测试,诸如实验室和车辆测试装备(“ATE”)测试,并且执行高级控制和制造微调(trim)。当单元300不在串行接口控制模式下操作时,它可以在引脚搭接控制模式下操作。在这种模式下,单元300的操作状态由一个或多个引脚301-313的静态设置控制,并且尤其是关于引脚308-313的设置。逻辑和控制电路370可以耦合到引脚308-313,并且可以被配置为基于在一个或多个引脚308-313上提供的信号来操作单元300。引脚308-313可以在本文共同被称为配置和控制引脚,并且具有引脚名称CP1-CP6。一些引脚可以充当状态或指示器引脚,并且一些可以充当输入引脚、输出引脚或者既作为输入又作为输出引脚。

[0099] 配置和控制引脚可以指示哪种数据传输模式应当用于跨利用单元300建立的无接触通信链路来传输数据。具体地,CP2引脚309可以是第一数据传输选择引脚,并且CP3引脚310可以是第二数据传输选择引脚。引脚309和310可以被设置为逻辑高(HIGH)、逻辑低(LOW)或者留为浮动(FLOAT)。CP1引脚308可以充当另一数据传输选择引脚或者充当标识引脚。CP1引脚308可以利用高/低/Z驱动器被驱动至HIGH、LOW和FLOAT。当CP1引脚308留为FLOAT时,引脚上的阻抗可以被用来识别应当使用哪种数据传输。

[0100] CP4引脚311可以被设置以指定单元300是否要以发送器模式、接收器模式或控制模式起作用,这将利用接口电路380。CP5引脚312可以被用于单元间通信。例如,单元300可能能够经由CP5引脚312与另一单元(未示出)通信。简要地参考图2,有线路径213可以耦合到两个单元212和214上各自的CP5引脚。这种单元间通信可以被用来在一组无接触单元之间建立唤醒回路的有线部分。CP6引脚313可以被用作信标/监听状态机的一部分,这可以由信标/监听模块390控制,并且还可以是POC状态机的子集。例如,当CP6引脚313被驱动为HIGH时,通信单元300可以开启并且开始根据信标/监听状态机操作。

[0101] 信标/监听模块390可以包括用于操作信标发送/监听状态机的电路。依赖于单元300被配置为作为发送器还是接收器操作,指示信标/监听状态机操作信标状态机还是监听状态机。信标状态机可以在单元300被配置为作为发送器操作时实现并且监听状态机可以在单元300被配置为作为接收器操作时实现。当电力施加到 $V_{DD}$ 引脚301时,信标/监听模块390可以使用相对低功耗的电路。与逻辑模块372的功率需求相比,其功耗可以相对低。如以下将更详细解释的,单元300可以初始地循环通过POC状态机的信标发送/监听状态机部分,以节省电力,接着根据POC状态机的相对高功耗部分操作。

[0102] 电力管理电路360可以操作为调节经由引脚301接收的电力并且向单元300中的部件提供在一个或多个不同功率级(包括适当的电压级)的调节后的功率。例如,当单元300根据信标发送/监听状态机操作时,电力管理电路360可以向信标/监听电路390提供电力。

[0103] 图4是示出一些结构部件的简化视图的示例性EHF通信电路400的侧视图。如所示出的,通信电路可以包括集成电路封装401,该封装401包括安装在连接器印制电路板(PCB)403上的管芯402、引线框架(未示出)、诸如接合线404的一个或多个传导性连接器、诸如天线406的换能器、以及封装材料408。

[0104] 管芯402可以包括被配置为合适管芯衬底上的微型化电路的任何合适的结构,并且与也被称为“芯片”或“集成电路(IC)”的部件功能等效。管芯衬底可以利用任何合适的半导体材料形成,半导体材料诸如但不限于硅。管芯402可以安装成与引线框架电连通。引线框架(类似于图5的引线框架518)可以是配置为允许一个或多个其它电路与管芯402操作连接的导电引线的任何合适布置。引线框架的引线可以嵌入或固定在引线框架衬底中。引

线框架衬底可以利用被配置为基本上把引线保持在预定布置中的任何合适的绝缘材料形成。

[0105] 另外,管芯402与引线框架的引线之间的电连通可以利用传导性连接器(诸如一根或多根接合线404)通过任何合适的方法实现。接合线404可以被用来电连接管芯402的电路上的点与引线框架上对应的引线。在另一实施例中,管芯402可以是包括隆起焊盘(bump)、或者管芯焊料球而不是接合线404的反转且传导性连接器,这可以配置为通常被称为“倒装晶片”布置。换能器406可以是被配置为在电信号和电磁信号之间转换的任何合适的结构。在一些实施例中,换能器406是天线。换能器406结合管芯402上的电路可以被配置为在EHF频谱中操作,并且可以被配置为发送和/或接收电磁信号,换句话说是被配置为发送器、接收器或者收发器。在实施例中,换能器406可以被构造为引线框架的一部分。IC封装401可以包括多于一个换能器406。在另一实施例中,换能器406可以与管芯402分离但通过任何合适的方法操作地连接到管芯402,并且与管芯402相邻地定位。例如,换能器406可以利用接合线(类似于图5的520)连接到管芯402。另选地,在倒装晶片配置中,换能器406可以连接到管芯402,无需使用接合线(见520)。在其它实施例中,换能器406可以部署在管芯402上或PCB 412上。

[0106] 封装材料408可以在固定的相对位置中保持IC封装401的各种部件。封装材料408可以是被配置为为IC封装的电气和电子部件提供电绝缘和物理保护的合适的材料。例如,封装材料408可以是模制化合物、玻璃、塑料或陶瓷。封装材料408可以以任何合适的形状形成。例如,封装材料408可以是矩形块的形式,封装IC封装的所有部件,除了引线框架的未连接引线之外。一个或多个外部连接可以与其它电路或部件形成。例如,外部连接可以包括球焊垫和/或外部焊料球,用于连接到印制电路板。

[0107] IC封装401可以安装在连接器PCB 403上。连接器PCB 403可以包括一个或多个层压层412,其中一层可以是PCB接地平面410。PCB接地平面410可以是被配置为向IC封装上的电路和部件提供电气接地的任何合适的结构。通过接地层的放置,在离天线适当的距离处,电磁辐射模式可以被指引为从衬底向外。

[0108] 图5是示出一些结构部件的通信电路500的另一例子的简化等距视图。如图所示,通信电路500可以包括IC封装501,IC封装501又可以包括管芯502、引线框架518、诸如接合线504的一个或多个传导性连接器、换能器506、一根或多根接合线520、以及封装材料508。管芯502、引线框架518、一根或多根接合线504、换能器506、接合线520和封装材料可以在功能上分别类似于诸如图4中所描述的IC封装401的管芯402、接合线404、换能器406和封装材料408的部件。另外,通信电路500可以包括连接器PCB(类似于PCB403,未示出)。

[0109] 在图5中,可以看到管芯502连同接合线504和520一起被封装在封装材料508中。在这种实施例中,IC封装可以安装在连接器PCB上。连接器PCB可以包括一个或多个层压层,其中一层可以是PCB接地平面。PCB接地平面可以是被配置为向PCB上的电路和部件提供电气接地的任何合适的结构。通过接地层的放置,在离天线适当的距离处,电磁辐射模式可以被引导为从衬底向外。

[0110] 现在共同参考图3、6、7、8和9,讨论EHF通信单元的意识进展状态机。图6示出了根据实施例的POC状态机的各种状态的说明性流程图。每个状态改变过渡与一个编号关联。该编号对应于为满足状态机过渡而需要满足的一个或多个条件。过渡编号和关联的(一个或

多个)条件如图7中所示。用于满足一个或多个状态的条件可以依赖于EHF通信单元是发送器还是接收器而不同。图7的表格反映了这些差异并且通过在特定于发送器的条件前面加“Tx:”并且在特定于接收器的条件前面加“Rx:”来反映这些差异。如果不使用Tx或Rx前缀,则条件适用于发送器和接收器单元。图8是示出在如图9中所示的唤醒回路中布置的每个EHF通信单元的状态过渡的图形说明,包括应用到这些通信单元的CP5和CP6引脚的信号。应当理解,意识进展(POC)状态机可以在任何通信单元中实现,不管它支持哪种传输模式或者使用哪种唤醒回路配置。被使用的图9的唤醒回路配置是联系POC状态机讨论被引用的,但是应当理解,POC状态机可以在图10和11的唤醒回路配置中使用。

[0111] POC状态机操作为处理任何EHF通信单元的引脚搭接和串行接口控制模式。如以上所讨论的,操作模式可以由各种控制(或配置)引脚的状态来设置,诸如像CP1引脚308、CP2引脚309、CP3引脚310以及CP4引脚311。当EHF通信单元被配置为用于引脚搭接操作模式时,一个或多个控制引脚可以根据通信链路何时建立来指定单元应当在何种传输模式下操作。当其“苏醒”时,POC状态机可以管理单元的意识进展,以建立通信链路。如以下将要解释的,POC状态机通过从状态到状态过渡来“唤醒”单元,直到其到达数据传输状态为止。从一个状态到另一个的过渡可以依赖于一个或多个条件的满足,并且状态改变的通知或者条件的满足可以绕唤醒回路以像环的方式被发送。用于执行状态改变过渡的一些条件可以依赖于选择哪种传输模式而变。

[0112] 条件满足的通知是在唤醒回路期间进行的并且在EHF通信单元之间被传送。当闭环链路被建立时,链路中的每个单元逐步“苏醒”并且以像环的方式过渡到新状态。状态改变的这种像环的序列在本文被称为意识进展。因此,在意识进展链路苏醒中,EHF通信单元的状态改变可以依赖于上游EHF通信单元的状态改变。具体地,上游EHF通信单元可以是闭环中紧接着在前的EHF通信单元。用于执行状态改变过渡的一些条件可以依赖于选择哪种传输模式而变。例如,当第一EHF通信单元从一种状态过渡到另一种时,它可以向下游EHF通信单元发送信号。这种被发送的信号可以影响第一EHF通信单元的将来状态。即,被发送的信号可以引起唤醒回路中一个或多个下游EHF单元的状态改变,这导致从第一EHF通信单元的将来状态改变。

[0113] 图9示出了根据实施例的显示无接触EHF耦合和CP5连接的单元的说明性全双工链路。如图所示,第一设备910包括接收器单元912和发送器单元914,并且第二设备920包括发送器单元922和接收器单元924。单元912、914、922和924可以具有与图3单元300相同的引脚配置和功能块。接收器单元912可以操作为从发送器单元922接收无接触EHF信号,并且发送器单元914可以操作为向接收器单元924发送无接触EHF信号。因此,接收器单元912和发送器单元922可以构成第一无接触耦合对,并且接收器单元922和发送器单元914可以构成第二无接触耦合对。此外,接收器单元912可以经由有线路径913与发送器单元914通信,并且接收器单元924可以经由有线路径923与发送器单元922通信。有线路径913(也被标记为CP5<sub>1</sub>)可以耦合到单元912和914两者各自的CP5引脚,并且有线路径923(也被标记为CP5<sub>2</sub>)可以耦合到单元922和924两者各自的CP5引脚。因此,第一设备910与第二设备920之间的通信可以经由第一和第二无接触耦合对实现并且任何设备内的单元中的通信可以经由有线通路(例如,连接到CP5引脚的通路)实现。图9还显示用于发送器914的CP6引脚915(标记为CP6<sub>1</sub>)被除接收器单元912之外的其它电路(例如,诸如主机系统)驱动,并且用于发送器922

的CP6引脚925(标记为CP6<sub>2</sub>)被接收器单元924驱动。

[0114] 图9的唤醒回路可以以发送器单元914开始,并且经由发送器914所发射的无接触EHF信号前进到接收器单元924。回路从接收器单元924经由有线路径923和/或有线路径925继续到发送器单元922。从发送器单元922,回路经由发送器单元922所发射的无接触EHF信号继续到接收器单元912。回路经由把接收器单元912耦合到发送器单元914的有线路径913完成。因此,在一种实施例中,图9的闭环链路是以发送器单元914开始并且以接收器单元912结束的顺时针回路。因此,在这种实施例中,接收器单元924在发送器单元914的紧接着的下游,并且发送器单元914在接收器单元924的紧接着的上游。在另一种实施例中,闭环链路可以在包括接收器单元912和发送器单元914的顺时针回路中以发送器单元922开始并且以接收器单元924结束。在这种实施例中,发送器单元922可以是在链路中被激活的第一个EHF单元,在这种情况下,CP6<sub>2</sub>引脚可以被设备920的主机系统激活。在还有另一种实施例中,闭环链路可以在逆时针方向移动。在这种实施例中,设备910和920将被转置(例如,设备910将放在设备920的左边)。

[0115] POC状态机600可以包括以下状态:断开(OFF)状态602、通电复位状态604、CP4\_检查状态606、留意状态608、信标/监听状态610、链路训练状态612、能力消息传送状态614、保持状态616、数据传输状态618以及数据传输空闲状态620。由POC状态机600响应于过渡到每种状态而采取的动作可以依赖于执行POC状态机的单元是充当发送器单元还是接收器单元而变。

[0116] POC状态机600包括在状态604、606、608和610之间循环的信标发送/监听状态机,直到条件满足到链路训练状态612的过渡为止。信标发送/监听状态机可以一般地被称为“链路发现”状态机。这些状态(例如,状态604、606、608和610)还可以在本文被称为初始状态或初始化状态。链路发现可以通过让发送器设备周期性地短持续时间发送信标信号来实现,而不是持续地被启用。类似地,可以启用接收器单元短持续时间监听信标,而不是持续地启用。发送和接收持续时间比可以被建立,以确保周期性重叠(即,接收器将在合理数量的周期内被激活,以检测信标)。如果发送器信标在建立链路的适当范围内,则发送器的信标将被处于活动状态的接收器拾取。这种周期性的信标发送和监听方法允许功率的节约(和延长的电池寿命)。

[0117] 状态机600可以在断开状态602开始并且可以当没有电力施加到单元的V<sub>DD</sub>引脚时存在于这种状态。当电力(例如,V<sub>DD</sub>)施加到单元的V<sub>DD</sub>引脚时,EHF通信单元可以从断开状态602过渡到通电复位状态604。例如,当外部电源施加到V<sub>DD</sub>引脚301时,发送器单元914可以过渡到通电复位状态604。如其名字暗示的,通电复位状态604包括单元的通电和单元的复位。当单元经其V<sub>DD</sub>引脚接收功率时,其内部V<sub>DD</sub>引脚也可以接收功率。当内部V<sub>DD</sub>引脚上的功率级达到或超过阈值(例如,全供应级的80%)时,单元可以被复位。当内部V<sub>DD</sub>超过该阈值时,POC状态机过渡到TRBS-检查状态606。在复位期间,单元的所有输出当中的一个或多个可以是三态的(未被驱动或浮动)。示例输出引脚可以包括高速输入/输出引脚302/303、低速输入/输出引脚304/305、CP5312、CP6313以及CP1308。

[0118] 在TRBS-检查状态606下,单元检查其CP4引脚(例如,CP4引脚311)是HIGH、LOW还是FLOATING。如以上所讨论的,CP4引脚的状态可以指示单元将作为发送器还是接收器操作,或者单元是否要在串行接口控制模式下接受测试。如果CP4引脚为HIGH或LOW,POC状态机就

过渡到留意状态608,如由过渡3所指示的。如果设备被配置为直接去到数据传输状态618(绕过状态608、612、614和616),则POC状态机可以在确定CP4引脚的状态之后沿着箭头19直接从TRBS-检查状态去到数据传输状态618。在做出CP4引脚确定之后,如果CP4引脚指定该单元应当作为发送器操作,则POC状态机可以将到状态608的过渡延迟第一时间段,并且如果CP4引脚指定该单元应当作为接收器操作,则延迟第二时间段。第二时间段可以大于第一时间段。这些过渡延迟可以帮助链路发现。如果CP4引脚是FLOATING,则POC状态机可以经历过渡6。

[0119] 在留意状态608,单元可以激活除操作信标/监听状态机所必需的之外的电路以评估是推进其意识状态(在这种情况下,它前进到链路训练状态612)还是在链路发现循环中起作用(在这种情况下,状态机600前进到信标/监听状态610)。用于确定POC状态机600是经由过渡4前进到状态610还是经由过渡9前进到状态612的条件依赖于单元是接收器还是发送器而不同。

[0120] 现在讨论用于这两个过渡的接收器单元条件。接收器单元可以监测在留意状态时间段内由发送器发射的信标信号的存在,这是由图3的信标/监听模块390控制的。如果在留意状态时间段内检测到信标信号,则POC状态机可以经由过渡9过渡到链路训练状态612。由接收器单元对任何EHF信号的检测可以有资格作为有效信标信号,因为接收器单元还没有经过训练,其中该EHF信号可能需要大于最小量值阈值。这种训练可以在POC状态机推进到链路训练状态612时执行。而且,响应于在留意状态时间段内检测到信标信号,接收器单元可以脉动其CP5引脚(在输出模式下使用)并且设置其CP6引脚(在输出模式下使用)为HIGH。例如,接收器单元924可以监测由发送器单元914发射的信标信号的存在。这在图8中示出,其中响应于检测到来自发送器单元914的信标信号,接收器单元924在时间 $t_1$ 脉动其CP5引脚923,接着在时间 $t_2$ 把其CP6引脚925设置为HIGH。

[0121] 如果在由模块390设置的唤醒时间段内没有检测到信标信号,则POC状态机经由过渡4推进到信标/监听状态610。一旦POC状态机处于监听状态610,除运行信标/监听状态机所需的之外的各种电路就可以断电并且可以保持断电,一直到由信标/监听模块390断言唤醒脉冲为止。唤醒脉冲可以使POC状态机经历过渡5,这个过渡从状态610过渡到通电复位状态604。此外,唤醒脉冲重启唤醒时间段,在该时间段内,POC状态机在返回监听状态610之前前进通过通电复位状态604、TRBS-检查状态606和留意状态608,或者如果检测到信标信号的话,则前进到链路训练状态612。

[0122] 现在讨论用于过渡9和4的发送器单元条件。发送器单元可以监测其CP5和CP6引脚的状态,以确定在处于留意状态608时如何进行状态改变过渡。当其CP6引脚为HIGH并且CP5引脚在一个时间段内脉动时,POC状态机可以(经由过渡9)过渡到链路训练状态612。例如,当CP6<sub>1</sub>915为HIGH时,发送器914可以响应于在CP5<sub>1</sub>引脚913上的脉冲而过渡到链路训练状态612。这可以在图8中看到,其中,当CP6<sub>1</sub>915为HIGH时,发送器单元914在时间 $t_3$ 响应于在CP5<sub>1</sub>引脚913上的脉冲而过渡到链路训练状态612(在图8中示为“发送训练”)。类似地,当CP6<sub>2</sub>925为HIGH时,发送器922可以在时间 $t_4$ 当CP5<sub>2</sub>引脚923脉动时过渡到链路训练状态612。

[0123] 当CP6引脚为LOW时或者如果在CP6引脚为HIGH时在一个时间段内不存在CP5引脚脉冲,POC状态机600可以(经由过渡4)过渡到信标状态610。一旦POC状态机处于信标状态610,它就可以保持在这个状态,一直到存在CP5脉冲并且其CP6引脚为HIGH为止。因此,当

CP6为HIGH时CP5脉冲的发生还可以使POC状态机快速步进通过状态604、606和608,以到达链路训练状态612。当发送器单元处于信标/监听状态610并且CP6为HIGH时,它将周期性地唤醒发送器单元中的附加电路并且发送最大通电的EHF脉冲持续第一预定时间段。一旦这个时间段过去,发送器单元就将禁用附加的电路并且将等待第二预定时间段,直到重复EHF脉冲为止。

[0124] 在链路训练状态612中,通过向接收器单元924发送训练模式以识别用于发送器和接收器单元中一个或二者的最优设置,发送器单元914启动训练。训练模式可以包括预定义频率的交替高低序列位或符号(或者高和空闲符号或其组合)、(一个或多个)同步符号、和/或时钟模式,这些重复某个预定的时间段,或者直到发送器单元914从接收器单元912接收到训练完成的确认为止。训练模式还可以包括固定序列的位或符号,以帮助接收器校准其参数。符号可以是多级信号或两级信号。符号还可以指正交发送的多级信号(利用正交调制技术(例如QAM、QPSK)发送的同相和正交相位输入信号)。如图8中所示,确认回路以接收器单元924完成其参数的训练并且随后在时间 $t_4$ 在保持CP6<sub>2</sub>引脚925为HIGH时断言CP5引脚923而开始。这个事件触发发送器单元922启动训练模式向接收单元912的发送。在接收单元912完成其参数的训练之后,它在时间 $t_5$ 断言CP5<sub>1</sub>引脚913。这个事件充当链路训练阶段的完成的确认。参考图8,发送器单元914在时间 $t_5$ 过渡到状态614,并且发送器单元922在时间 $t_6$ 过渡到状态614。

[0125] 在链路训练期间,发送器可以优化所发送载波的振幅的准确性。例如,所发送载波的振幅可以被校准到几个参照之一,使得所发送的功率或振幅保持在指定的目标范围内。参照可以是发送器单元中的稳定信号参数。例如,从带隙得出的参照电压可以充当理想的参照。在一个例子中,EHF信号映射可以对逻辑1使用全载波(例如,100%的预定或编程的载波振幅),对逻辑0使用部分载波(预定或编程的载波振幅的一小部分),并且对于空闲状态没有载波。部分载波的大小可以可编程为几个不同阈值(例如,预定或编程的载波振幅的25%、37.5%、50%或其它百分比)当中的任何一个。这些状态当中的一个或多个中的载波振幅可能需要基于参照来校准,以生成为准确性而优化的载波振幅。这可以使发送器能够发送多个振幅载波信号,由此增加带宽效率和/或使接收器能够以更大的可靠性检测所发送的符号。

[0126] 在链路训练期间,接收单元可以校准其一个或多个参数,以优化无接触链路的性能,同时可靠地恢复逻辑符号,有可能具有某个误差标准。在例子中,类似于以上为发送器单元所提供的,接收器单元可能需要检测来自EHF信号的符号,该符号可以具有不同的载波振幅——逻辑1符号可以指全载波振幅,逻辑0是部分载波振幅并且空闲符号是无载波。接收器可能没有能够可靠检测这些符号的准确信息。因此,它可能不得不执行能够以足够余量来检测这些符号的校准序列。

[0127] 校准可以通过执行以下的一种或多种方法来执行。例如,在一种方法中,用于检测解调信号(或基带信号)的电平的参照电平可以被校准,以便为符号检测提供最大余量。在另一方法中,信号包络的振幅可以被跟踪并且信号路径的增益可以被校准,以满足信号振幅目标。在还有另一方法中,如果限幅器使用时钟用于数据的采样,则时钟相位调整校准可以被执行,以优化基带符号的采样点。附加的校准方法可以包括时钟模式的发送(有可能来自主机系统或者在一个或多个通信单元的管芯上生成),其中时钟模式可以被接收器单元

用来比较时钟频率并校准频率发生器的相位或时钟频率;同步符号可以被用来识别帧或数据包边界。

[0128] 在不限制本发明范围的情况下,附加的参数可以在链路训练期间在发送器和/或接收器中被校准。发送器单元可以向其对等的接收器单元发送“链路训练”信息。链路训练信息可以是具体的数据模式,该数据模式使对等的接收器单元能够优化其自己以便从发送器单元接收数据。实际上,接收器单元使用接收到的链路训练信息来随发送器单元校准其自己,使得它可以准确地把进入的EHF信号映射到逻辑1状态、逻辑0状态或者空闲状态。链路训练状态612可以涉及校准接收器单元的灵敏度以能够可靠地检测EHF信号,例如通过满足误位率标准。这可以涉及RF模拟前端中各种参数的校准,这些参数可以包括LNA增益、限幅器参照电平或限幅器灵敏度、静噪检测器的灵敏度以及时钟相位调整。

[0129] 在能力消息状态614中,发送器单元向其对等的接收器单元发送能力消息。发送器单元可以重复地发送这个消息,直到其CP5引脚脉动或者直到定时器超时为止。该消息可以指定诸如传输模式、ID代码等信息。接收器单元将对接收到的无接触信号监测能力消息,并且当消息被接收时,它可以对照一个或多个确认参数(例如,传输模式、诸如厂商ID的关键信息、以及准备状态)来对其确认。如果消息被确认,则接收器单元可以脉动其CP5引脚。如果在一时限内没有接收到被确认的消息,则接收器单元可以返回到状态610。能力消息可以包括关于传输模式协议的信息。

[0130] 能力消息可以利用几种不同方法当中的任何一种传送。例如,在一种方法中,由发送器单元发送的能力消息可以包含一系列脉宽编码(PWC)符号。关于PWC符号用于传送能力消息的附加细节在以下联系图16-21的描述来讨论。在另一种方法中,能力消息可以利用数据包传送来传送。能力消息传送可以根据具有预定格式的数据包传送来执行。单个消息传送数据包可以包括数据包报头和数据包主体。数据包报头可以包括一个或多个同步符号、数据包类型信息、厂商ID信息、数据包长度信息,而数据包的主体可以包括关于传输模式协议、差错检查代码、可以帮助接收器优化设置的数据模式以及可以与改进EHF链路的能力相关的其它信息的信息。消息传送可以利用多个数据包执行,这些数据包可以是或者可以不是相同的类型。在这种情况下,数据包报头可以包括关于特定数据包的内容的信息。

[0131] 当接收器确定其已经确认了从发送器单元接收的消息时,接收器单元可以执行过渡11(即,从能力消息状态614到迟滞状态616的过渡)。例如,接收器924可以在时间 $t_6$ 过渡到迟滞状态,并且接收器单元912可以在时间 $t_7$ 过渡到迟滞(hold OFF)。

[0132] 迟滞状态616操作为延迟过渡12的执行的过渡延迟机制。迟滞状态616可以作为POC状态机600的一部分被包括,以防止能力消息被接收器单元错误地处理。具体地,它可以防止接收器单元发送该能力消息作为其输出。对于接收器单元,迟滞状态616可以将过渡12延迟第三时间段,并且对于发送器单元,迟滞状态616可以将过渡12延迟第四时间段。与第三时间段相比,第四时间段可以是相对可忽略的。例如,在一种实施例中,发送器单元可以在状态616花一个时钟周期,而接收器单元可以在状态616等待多个时钟。迟滞时间的这种区别可以提供足够的时间,让状态改变绕唤醒回路传播,由此使接收器单元能够忽略被其对等的发送器单元发送的能力消息,直到发送器单元过渡到数据传输状态为止。这在图9中示出,其中,例如,发送器单元914发送其能力消息,同时其对等的接收器单元924处于其迟滞状态。虽然接收器单元924可能已经在时间 $t_6$ 过渡到数据传输状态,但该过渡被迟滞状态

616延迟,以便使发送器单元914能够在时间 $t_8$ 过渡到数据传输状态。

[0133] 数据传输状态618可以表示其中通信单元准备好根据传输模式发送和/或接收数据的状态。如以上所讨论的,传输模式可以基于CP1引脚308、CP2引脚309、CP3引脚310和CP4引脚311的状态。在一些实施例中,当接收器单元进入状态618时,它可以驱动其CP5引脚为HIGH。这在例如图8中示出。在其它实施例中,例如,当传输模式是USB 2.0时,CP5有线路径可以被用于芯片间通信并且因此可能不被驱动至HIGH。

[0134] 当过渡13的条件满足时,POC状态机600可以过渡到数据传输空闲状态620。数据传输空闲状态620可以使通信单元能够对一种或多种传输模式进入快速进入/离开功率状态。在第五时间段之后,在接收器单元检测不到任何EHF信令活动性(即,其对等的发送器单元不发送任何数据)之后,它可以进入状态620。在第六时间段之后,在发送器单元在其基带输入(例如,引脚302-305)上检测不到任何活动性之后,它可以进入状态620。在一些实施例中,第五和第六时间段可以相同。

[0135] 在数据传输空闲状态620期间,接收器和发送器单元都可以循环地将各种部件断电以节省电力,但是开启检查单元是否需要离开空闲状态620并返回到状态618或另一状态的部件。例如,发送器单元可以循环向其收发器供电,但是可以向其输入缓冲区供电以检测输入信号。发送器可以循环地向其收发器供电,以便向其对等的接收器单元发送“保持存活脉冲”,使得接收器单元知道不过渡离开状态620。“保持存活脉冲”可以是每个时钟循环的固定时间段的一系列“1”。接收器单元可以循环地向其收发器供电,使得它可以检测“保持存活脉冲”。

[0136] 当过渡14的条件满足时,POC状态机600可以从数据传输空闲状态620过渡到数据传输状态618。当在其输入缓冲区上接收到信号时,发送器单元可以过渡到状态618。当从其对等的发送器接收到非空闲信号时,接收器单元可以过渡到状态618。非空闲可以是除保持存活脉冲之外的其它信号。一经从发送器单元接收到EHF信号,可以抑制接收器单元断电,直到EHF信号被归类为保持存活或唤醒信号为止。

[0137] 以上讨论的过渡9-14被称为导致POC状态机的意识进展推进的状态改变过渡。现在要讨论的过渡15-18指重启意识进展的状态改变过渡。即,如果过渡15-18当中的任何一个是由POC状态机600实现的,则POC状态机600可以在状态610重新进入信标/监听状态机。在过渡15中,如果不足的训练信号没有在一段时间内被接收到,则接收器单元可以推进到状态610。换句话说,如果链路训练超时,则过渡15会发生。在过渡15中,如果其CP5引脚没有在一段时间内脉动或者如果其CP6引脚变成LOW,则发送器单元可以推进到状态610。

[0138] 在过渡16中,如果在一段时间内没有接收到有效消息或者其CP6引脚变成LOW,则接收器单元可以从状态614变成状态610,并且,如果其CP5引脚在一段时间内没有脉动或者如果其CP6引脚变成LOW,则发送器单元可以从状态614变成状态610。在过渡17中,如果CP6变成LOW,则发送器单元可以从状态618变成状态610,并且接收器单元可以对不同条件从状态618变成状态610,这些条件包括但不限于没有接收到保持存活或唤醒信号、如果连接由于弱EHF信号而断开、数据传输流量空闲一段时间。在过渡18中,如果没有EHF信号活动性在第七时间段内发生,则接收器单元可以从状态620变成状态610。在一些实施例中,第七时间段可以大于第五时间段。在过渡18中,如果其CP6引脚变成LOW或者如果其CP5引脚变成LOW持续第八时间段,则发送器单元可以从状态620变成状态610。

[0139] 过渡19指其中需要绕过 (bypass) 意识进展的一般低速数据传输操作模式的状态改变。POC状态机可以基于在过渡时逻辑和控制电路370的具体寄存器设置而经历过渡19。这些寄存器设置可以在串行接口控制模式状态622期间或者在引脚搭接控制模式期间被更新。过渡19可以在微控制器连接到CP6引脚以及其中一个低速数据引脚 (例如, 引脚304或305) 时发生。在这个过渡中, EHF通信单元可以被用作由微控制器管理的独立链路。

[0140] 过渡6-8和20指根据各种实施例的与串行接口控制模式关联的状态改变。在一种实施例中, 如果CP4引脚在CP4\_检查状态606是FLOATING, 则POC状态机可以经由过渡6过渡到串行接口控制模式622。一旦处于串行接口控制模式622, 引脚搭接模式就被封锁 (locked out) 并且通信单元被配置为通过设置“保持清醒位”HIGH来抑制自动睡眠或低功率模式。“保持清醒位”是逻辑和控制电路370中被串行接口控制更新的内部位, 由此不需要用于控制这个位的专用引脚。例如, 通过SPI引脚接口, 几个片上寄存器位可以被更新或读取, 这些位可以包括“保持清醒位”。一旦“保持清醒位”为HIGH并且CP4引脚变成LOW或HIGH, POC状态机就经由过渡8过渡到数据传输状态618, 由此绕过状态608、612、614和616。在处于串行接口控制模式状态622时, 如果电力被去除, 则POC状态机可以经由过渡7过渡到断开状态602。

[0141] 在任何时候, 如果在POC状态机处于状态608、612、614、618或620当中的任何一个时CP4引脚的状态变成FLOATING, 则POC状态机可以过渡到接口模式状态622。应当理解, POC状态机600的各种状态和布置仅仅是说明性的并且附加的状态可以添加并且一些状态可以被略去。

[0142] 还应当理解, 虽然POC状态机600是由一个特定的EHF通信单元实现的, 但是状态机600可以依赖于在其它EHF通信单元中实现的类似状态机来推进通过其状态, 以到达数据传输状态。因此, 不管有多少EHF通信单元被用来建立一条或多条EHF通信链路, 状态机的相互依赖性都会导致状态机的同步。因此, 只要所有状态机都保持同步, 每个状态机就可以发展其意识。但是, 如果其中一个状态机失去同步, 则这会造成所有状态机失去同步, 由此导致唤醒链路进展的重启。例如, 如果其中一个状态机未能前进到下一个状态, 并且过渡回到信标/监听状态610, 则所有其它状态机也会过渡回到信标/监听状态610。过渡回到状态610可以有效地复位每个状态机, 由此重启建立一条或多条EHF通信链路的过程并且防止状态改变推进中的错误发展。

[0143] 图10示出了根据实施例的显示无接触EHF耦合与CP5连接的单元的另一说明性全双工闭环链路。图10的链路布置与图9的类似, 但是是为USB便携式 (On-the-Go, OTG) 配置设置的。如图所示, 第一设备1030包括接收器单元1032和发送器单元1034, 并且第二设备1040包括发送器单元1042和接收器单元1044。接收器单元1032可以操作为从发送器单元1042接收无接触EHF信号, 并且发送器单元1034可以操作为向接收器单元1044发送无接触EHF信号。CP5通信路径1033和1043可以在相应的EHF通信单元之间存在, 如图所示。此外, 单元1032和1034的CP1引脚可以经由包括电阻器或其它阻抗元件的有线通路1035连接到一起, 并且单元1042和1044的CP1引脚可以经由包括电阻器或其它阻抗元件的有线通路1045连接到一起。单元1032和1034的CP6引脚可以经由包括电阻器和其它阻抗元件的有线通路1037连接到一起, 并且单元1042和1044的CP6引脚可以经由包括电阻器和其它阻抗元件的有线通路1047连接到一起。

[0144] 在OTG配置中, 设备1030和1040可能需要确定哪个设备将是主机并且哪个设备将

是客户端。这可以通过让设备之一或两者在CP1引脚上断言信号来实现。在一些配置中,CP1可以被设置为HIGH,这指示它是USB设备。在其它配置中,CP1可以被设置为LOW,这指示它是USB主机。在还有的其它配置中,CP1可以浮动,这指示它是USB OTG设备。如图所示,通路1035和1045可以耦合到每个都可以断言(或者不断言)该信号的相应控制器(未示出)。依赖于能力消息交换,USB OTG设备的CP1引脚可以被接收器单元拉低,这指示它是USB主机,或者CP1引脚可以被接收器单元拉高,这指示它是USB设备。如果能力消息指示两个设备都被配置为USB主机或USB设备,则POC状态机将经由过渡16退出到信标/监听状态。如果能力消息指示USB OTG设备连接到USB主机,则接收设备的CP1将被拉高,这指示它应当被配置为USB设备。如果能力消息指示USB OTG设备连接到USB设备,则接收设备的CP1将被拉低,这指示它应当被配置为USB主机。如还示出的,通路1035和1045可以耦合到其各自的设备。

[0145] 当设备1030和1040尝试形成链路时,一个设备可以在其发送器单元上断言CP6引脚并且另一个设备可以将CP6引脚留为浮动。如图所示,通路1037和1047耦合到各自的控制器(未示出)。在一种实施例中,与设备1030关联的控制器可以在发送器单元1034上驱动CP6引脚为HIGH以启动链路,并且与设备1040关联的控制器可以在发送器单元1042上将CP6引脚留为浮动。在这种实施例中,CP6引脚可以被接收器单元1044驱动。因此,在这种实施例中,唤醒回路可以在发送器单元1034处开始并且顺时针移动到接收器单元1044、发送器单元1042并且在接收器单元1032处继续。以相同的方式,唤醒回路可以在图9中在发送器单元914处开始并且顺时针移动到接收器单元924、发送器单元922并且在接收器单元912处继续。

[0146] 图9和10的唤醒回路都是单线全双工链路。如果期望,则多线链路可以通过利用图9或图10的单线全双工链路的多个实例来实现。例如,双线链路可以通过使用图9的全双工链路的两个实例来实现。图11示出了根据实施例的说明性多线链路。在一些实施例中,图11的链路可以是多线DisplayPort链路。如图所示,设备1150可以包括接收器单元1152、1154、1156和1158以及发送器单元1159,并且设备1160可以包括发送器单元1162、1164、1166和1168以及接收器单元1169。在设备1160中,接收器单元1169的CP5和CP6引脚被扇出到每个发送器单元1162、1164、1166和1168。在设备1150中,接收器单元1158和发送器单元1159的CP5引脚耦合到一起,并且发送器单元的CP6引脚可以被控制器(未示出)驱动。图11的唤醒回路可以以发送器单元1159开始,并且顺时针前进到接收器单元1169,接着回路基本上同时前进到每个发送器单元1162、1164、1166和1168,之后是接收器单元1152、1154、1156和1158并且基本上同时以这些接收器单元结束。接收器单元1158可以是经由CP5引脚与发送器单元1159通信的唯一单元。为了简化,只示出了一些互连信号,以防止图11的过度拥挤。

[0147] 现在参考图12-15,以讨论POC状态机的信标/监听循环的各种实现。具体地,以下讨论更详细地描述EHF通信单元内的电路如何被用来实现信标/监听循环(例如,图6的状态610)。图12示出了根据实施例的显示可以在执行信标/监听循环中使用的单元1200的电路的说明性示意图。图13A-13D示出了根据各种实施例的说明性信标发送和监听时序图,每个都根据不同的时钟速度操作。图14示出了根据实施例的可以由发送信标的发送器单元执行的步骤的说明性流程图。图15示出了根据实施例的可以由监听信标信号的接收器单元执行的步骤的说明性流程图。

[0148] 图12被示为包括寄存器1210、振荡器1220、信标/监听定时器1230、信标/监听电路

1240、寄存器1250、保持清醒定时器1260、控制/配置引脚1270、1272和1274。寄存器1210可以利用可加载到振荡器1220中的数据编程,例如在留意状态(例如,留意状态608)期间。振荡器1220可以基于从寄存器1210接收到的数据根据几个不同频率当中的任何一个操作。例如,振荡器1220可以选择频率1222、1224或1226当中的一个来驱动信标/监听定时器1230。选定的频率可以控制定时器1230的时钟速度。应当认识到,时钟速度频率的增加会导致更快的操作连同增加的功耗,并且时钟速度频率的降低会导致更慢的操作,但是具有减小的功耗。频率的选择可以依赖于单元1200的最终使用应用。还应当认识到,振荡器1220可以是定时器1230的一部分或者包括在其中。用于一组EHF通信设备的信标/监听定时器可以被编程或者可以在进入信标/监听模式之前由系统设置。

[0149] 依赖于单元1200被配置为作为发送器还是接收器操作,信标/监听定时器1230可以提供通电信标脉冲或通电监听脉冲。信标脉冲或监听脉冲的持续时间分别确定其中设备1200作为发送器或接收器操作的持续时间。如果单元1200被配置为作为发送器操作,则定时器1230可以提供通电信标脉冲,并且如果作为接收器操作,则定时器1230可以提供通电监听脉冲。例如,单元1200可以基于配置引脚1274的状态来配置。在一些实施例中,引脚1274上的状态可以被用来选择选择器1232的适当输出。

[0150] 信标/监听定时器可以生成固定持续时间(例如,20ns)的通电信标脉冲,在此期间,各种电路被激活以便每隔固定数量的时钟循环(例如,100个时钟循环)发送EHF信标。通电信标脉冲可以使仅信标电路1244通电。仅信标电路1244可以只包括发送EHF信标信号所必需的电路部件。这可以包括例如图3的EHF发送器322。信标脉冲的这种固定持续时间可以是相同的持续时间,而不管由振荡器1220设置的频率。例如,在一种具体的实施例中,固定持续时间可以是大约20ns,并且时钟循环的固定数量可以是100。示出根据这种具体实施例的参数的通电信标脉冲的时序图在图13A-13D中示出。具体地,信标脉冲在Tx循环中示出。

[0151] 通电监听脉冲可以设定固定的持续时间,在此期间,各种电路被激活以监听EHF信标信号。在一些实施例中,整个EHF通信单元可以被激活以监测EHF信标信号的存在。信标/监听定时器可以对每第二数量的时钟循环(例如,1,000,000个时钟循环)当中的第一数量的时钟循环(例如,200个时钟循环)生成通电监听脉冲。时钟循环的第二数量可以是比时钟循环的第一数量更大的数量级,以最小化功耗。示出根据这种具体实施例的参数的通电监听脉冲的时序图在图13A-13D中示出。具体地,监听脉冲在Rx循环中示出。

[0152] 时序关系可以在信标和监听脉冲之间存在,以促进耦合的EHF通信设备之间的信标检测。例如,信标脉冲可以在每个监听脉冲期间被断言至少一次。在其它例子中,信标脉冲可以在每个监听脉冲期间被断言至少两次。这可以通过把信标脉冲的时钟循环的固定数量设置为监听脉冲的时钟循环的第一数量的一小部分来实现。参考以上讨论的说明性数量,固定数量是100个时钟循环并且第一数量是200个时钟循环。因此固定数量是第一数量的一半,由此确保每个监听脉冲将发生至少两个20ns信标脉冲。让信标脉冲在每个监听脉冲期间被断言至少两次可能是期望的,以考虑在发送和接收单元中操作的时钟的时钟速度的潜在变化。例如,如果只有一个信标脉冲为每个监听脉冲发送,并且两个单元中的时钟不彼此同步地操作,则存在信标脉冲在监听脉冲之外发送的可能。但是,通过增加信标脉冲被发送的频率,可以确保至少一个信标脉冲将在监听脉冲期间被发送,即使两个单元中的时钟以稍有不同的速度(例如,在彼此的20%之内)操作。

[0153] 信标脉冲与监听脉冲的时序关系可以反转,使得发送器单元具有相对长的信标脉冲并且接收器单元具有相对短的监听脉冲。换句话说,接收器和发送器周期可以置换,以实现相同的结果。这在图13D中示出。

[0154] 例如,图13A示出了当信标/监听定时器被设置为以 $F_1\text{Hz}$ 的时钟速度操作时通电信标脉冲和通电监听脉冲的时序图。在这个例子中, $F_1\text{Hz}$ 被设置为 $1\text{MHz}$ 。图13A的时序图可以遵循上述例子,其中通电信标脉冲可以被设置为在每100个时钟循环中具有 $20\text{ns}$ 的固定持续时间脉冲长度。信标ON脉冲的周期可以是大约 $100\mu\text{s}$ 。图13A的通电监听脉冲可以具有大约 $1000\text{ms}$ 的周期以及大约 $200\mu\text{s}$ 的恒定监听持续时间。如图所示,至少两个信标脉冲在该恒定监听持续时间中存在。

[0155] 例如,图13B示出了当信标/监听定时器被设置为以 $F_1\text{Hz}$ 的时钟速度操作时通电信标脉冲和通电监听脉冲的时序图。在这个例子中, $F_1\text{Hz}$ 被设置为 $1\text{MHz}$ 。如图所示,监听脉冲的周期和恒定监听持续时间可以与图13A的相同,但是,信标ON脉冲的周期可以与恒定的监听周期相同。因此,图13B示出了其中只有一个信标脉冲可以在监听脉冲期间被检测到的例子。

[0156] 例如,图13C示出了以 $F_2\text{Hz}$ 的时钟速度操作的Rx和Tx循环的时序图,并且其中Rx/Tx关系被设置为使得至少三个信标脉冲可以在监听脉冲期间被发送。如图所示,监听脉冲可以具有周期 $\text{Listen}_{\text{period}}$ ,和恒定的监听持续时间。信标ON脉冲的周期可以是恒定的监听持续时间的一小部分,在这里被示为恒定的监听持续时间的 $1/3$ (例如, $1/3 * \text{Constant\_Listen}$ )。因此,在这个时序图例子中,三个信标脉冲可以对每个监听脉冲存在。

[0157] 例如,图13D示出了以 $F_3\text{Hz}$ 的时钟速度操作的Rx和Tx循环的时序图。至少与Rx和Tx循环在图13A-13C中所执行的角色相比,图13D示出了这些循环的另选角色。如图所示,Tx循环可以提供在每个信标周期(示为Beacon Period)中具有恒定信标持续时间(示为Constant Beacon)的信标脉冲。Rx循环可以具有在恒定信标持续时间的一小部分处脉动的监听脉冲。例如,如图所示,这一小部分可以是一半,使得每 $1/2 * \text{Constant\_Beacon}$ 提供固定持续时间(例如, $20\text{ns}$ )的监听脉冲。这个比率是说明性的,但是可以确保在发送器单元提供其信标脉冲时接收器单元监听信标脉冲。

[0158] 现在参考图14,在步骤1402开始,信标/监听定时器可以被激活。信标/监听定时器可以在POC状态机进入信标/监听状态(例如,状态610)时被激活。在步骤1404,信标/监听定时器可以一个周期提供一个通电信标脉冲,以周期性唤醒发送EHF信标信号的电路,该脉冲具有固定的持续时间。例如,仅信标电路1244可以被周期性地被唤醒。在步骤1406,发送EHF信标发送信号的电路可以响应于从信标/监听定时器接收到的通电信标脉冲而被唤醒。通电信标脉冲可以例如是图13A-13D中所示的信标脉冲当中的任何一个。如图所示,这些信标脉冲当中的任何一个都具有固定的持续时间,在此期间,脉冲为HIGH。在步骤1408,EHF信标信号可以被发送持续通电信标脉冲的固定持续时间。在步骤1410,在该固定持续时间过去之后,电路可以切断。例如,仅信标电路1244可以被置回睡眠。

[0159] 在步骤1412,EHF通信电路可以检查是否过渡到新状态。它可以通过确定其CP5引脚是否变成HIGH来检查。如果CP5没有变成HIGH,则过程可以循环回到步骤1404,由此使得信标发送回路能够继续发送EHF信标信号。而且,CP5没有变成HIGH的确定可以将POC状态机维持在信标状态610。但是,如果CP5变成HIGH,则过程可以前进到步骤1414,这可以使EHF通

信单元激活。例如,电路1240的全部都可以被激活。而且,当CP5变成HIGH时,POC状态机可以前进通过状态604、606、608,并且过渡到链路训练状态612。

[0160] 应当理解,图14中所示的步骤仅仅是说明性的并且附加的步骤可以添加、一个或多个步骤可以被略去,并且步骤的执行次序可以变化。例如,CP5引脚是否变成HIGH的确定可以在图14的过程期间的任何时候进行。

[0161] 现在参考图15。在步骤1502开始,信标/监听定时器可以被激活。信标/监听定时器可以在POC状态机进入信标/监听状态(例如,状态610)时被激活。在步骤1504,信标/监听定时器可以周期性地提供通电监听脉冲,以唤醒监听EHF信标信号的电路。例如,电路1240可以被周期性地唤醒。在步骤1506,电路可以响应于从信标/监听定时器接收到的恒定监听脉冲而被唤醒。恒定监听脉冲可以是例如图13A-13D中所示脉冲的恒定监听持续时间部分当中的任何一个。当电路1240被唤醒时,POC状态机可以从状态610过渡到状态604和606,并且在状态608结束。在步骤1508,EHF通信单元可以对电路监测在该恒定监听持续时间期间被接收的EHF信号。EHF通信单元可以在其处于留意状态(例如,状态608)时监听信标信号并且可以继续监听这种信号,直到通电监听脉冲到期为止。

[0162] 在步骤1510,在恒定监听脉冲期间做出关于是否检测到至少一个EHF信号的确定。如果没有检测到EHF信标信号,则过程可以前进到步骤1512,其中做出关于通电监听脉冲是否到期的确定。如果监听脉冲没有到期,则过程可以循环回到步骤1508。如果监听脉冲已经到期,则过程可以前进到步骤1514,该步骤可以切断监听EHF信标信号的电路。当信标/监听定时器准备好重新开启电路时,过程可以循环回到步骤1504。在步骤1514,POC状态机可以过渡到监听状态(例如,监听状态610)。

[0163] 如果在步骤1510检测到EHF信号,则过程可以前进到步骤1516,这可以设置保持清醒位(例如,保持清醒寄存器1250中的位)并且激活保持清醒定时器(例如,定时器1260)。而且,POC状态机可以响应于EHF信标信号检测而过渡到链路训练状态。

[0164] 保持清醒定时器1260可以设置时限持续时间,对于该持续时间,POC状态机可以存在于任何一个或多个状态中。实际的时限可以由保持清醒寄存器1250设置。例如,当POC状态机处于链路训练状态时,如果保持清醒定时器在POC状态机过渡到能力消息状态之前超时,则POC状态机可以过渡回到信标/监听状态。

[0165] 现在参考图16-21,讨论根据各种实施例的用于传送能力消息的几种不同方法之一。当EHF通信单元在能力消息状态下作为发送器单元操作时,它可以发送重复的消息流,直到它在其CP5引脚上接收到上升沿或者如果某个其它条件发生。当操作在能力消息状态时,接收器单元可以在过渡到下一个状态之前等待接收有效消息的至少2个连续拷贝。消息可以作为脉宽编码(PWC)符号发送并且根据单元内运行的时钟串行化。每个符号可以跨固定数量的时钟循环,以上升沿开始、以下降沿结束并且以0电平终止。图16示出了根据内部时钟1610被串行化的三个不同且说明性符号。

[0166] 图16示出了每个都包括上升沿、下降沿并以0电平终止的符号1620、1630和1640。出于说明性目的,每个符号可以跨12个时钟循环,但是应当认识到,符号可以跨任何合适数量的时钟循环。符号可以根据每个时钟周期中的二进制值表示。例如,符号1620可以表示二进制“0”符号,符号1630可以表示二进制“S”符号,并且符号1640可以表示二进制“1”符号。符号1620可以包括1电平二进制值的两个时钟循环,之后是0电平二进制值的十个时钟循

环,使得二进制“0”符号可以由110000000000表示。符号1630可以包括1电平二进制值的五个时钟周期,之后是0电平二进制值的七个时钟周期,使得二进制“S”符号可以由111110000000表示。符号1640可以包括1电平二进制值的九个时钟周期,之后是0电平二进制值的三个时钟周期,使得二进制“1”符号可以由11111111000表示。符号可以通过间隙循环1650产生间隙,该间隙循环可以不表示符号,但是可以表示为符号表示之间的0电平。每个间隙循环1650可以跨例如一个时钟循环。应当理解,每个符号的二进制表示仅仅是说明性的并且任何二进制表示都可以用于任何符号。应当理解,能力消息传送的其它变体是可能的。例如,独特的控制符号或字符可以以数字位的形式被发送,而无需特别地利用PWC。

[0167] 在接受由各自发送器单元发送的符号的固定百分比的时钟循环失配方面,接收器单元可以容忍。在其中不存在共同时钟或时钟恢复机制的系统中,对时钟循环失配的容忍允许发送器和接收器的时钟频率失配并且仍然可靠地通信。例如,接收器单元可以将接收到的具有1-3个电平1时钟循环的消息解释为1620符号、将具有4-6个电平1时钟循环的消息解释为1630符号、以及将具有7-11个电平1时钟循环的消息解释为1640符号。

[0168] 图17示出了根据实施例的能力消息的说明性格式。能力消息1710可以包括可以用各种符号填充的几个字段。如图所示,消息1710可以包括报头字段1720(该字段可以用固定数量的符号填充)以及几个消息字段1730-1735,这几个消息字段中的每一个可以用各种尺寸位长度的符号填充。报头字段1720可以标记消息的开始。作为说明性例子,四个“S”符号可以定义报头。消息字段1730-1735中的每一个可以由任何数量的位表示,在图中示为X。作为例子,消息字段1730-1735可以分别包括16位、16位、16位、2位、2位和28位。位长度仅仅是说明性的并且任何位长度都可以对字段1730-1735中的任何一个使用。消息字段1730可以指定密钥代码,其可以表示可以被对等设备确认的密码、加密代码或者其它安全相关代码。消息字段1731可以指定厂商标识。厂商标识可以存储在寄存器、只读存储器、非易失性存储器或者EHF通信单元内的某个其它永久性存储机制中。消息字段1732可以指定EHF通信设备的操作模式。操作模式可以指定EHF通信设备的数据传输模式(例如,USB、PCI express,等等),这是由一个或多个配置引脚(例如,引脚308-311)上的状态设置的。在一些实施例中,操作模式可以根据图3的配置引脚设置来定义。消息字段1733可以指定特定的USB模式功能(例如,单元是主机还是从设备以及便携式USB功能)。消息字段1734可以指定传输频带,这可以指具体的载波频率或载波频率偏移。消息字段1735可以是将来的扩展字段,可以被用来传送用于将来的应用的附加能力消息。如果期望,消息字段1735可以被分成两个或更多个字段,供将来使用。应当理解,一些字段可以不用于某些应用、一些字段可以不存在,并且不是能力消息1710的部分的其它字段可以被包括。

[0169] 图18示出了根据实施例的可以被处理接收到的能力消息的接收器单元采取的步骤的说明性流程图。以步骤1802开始,能力消息可以被接收。能力消息可以根据能力消息传送格式(诸如以上联系图17所说明的)被对等的发送器单元发送。照此,接收到的能力消息可以包括密钥代码、厂商标识以及操作模式。如果操作模式是USB模式,则能力消息还可以包括USB功能信息。接收器单元可以具有存储在其中的或者在其中编程的其自己的本地能力消息信息。例如,接收器单元可以具有厂商信息、操作模式信息以及可选的USB功能信息。在步骤1804,做出关于接收到的厂商标识是否与本地厂商标识相同的确定。如果它们不相同,则过程前进到步骤1806,并且如果它们相同,则过程前进到步骤1808。在步骤1806,能力

消息的确认可以停止,由此使POC状态机退出其进展并且重启。

[0170] 在步骤1808(这是一旦厂商标识在步骤1804中被确认之后的下一步),做出关于接收到的操作模式是否可以有效地与本地操作模式合作的确定。在一些应用中,接收到的操作模式和本地操作模式可以相同,这将导致接收到的和本地操作模式之间的有效操作。在其它应用中,接收到的和本地操作模式可以不同,诸如具有各种USB模式的情况。一些不同的USB模式可以有效地一起工作并且其它的不可以。图19示出了显示哪些USB模式有效地一起工作以及哪些不这样的说明性表格。当在步骤1808做确定时,EHF通信单元可以访问这个表格。如图19中所示,存在“接收到的模式”列、“本地模式”列和“结果”列。“结果”列指示在同一行中识别出的USB模式是否可以有效地一起工作。USB模式可以包括USB 2.0、USB 3.0和USB 3/2 Auto。USB 3/2 Auto可以是可切换的USB模式,该模式依赖于各种因素(如由USB规范确定的)自动解决是使用USB 2.0还是USB 3.0。

[0171] 回过头来参考图18,如果在步骤1808确定两种模式不可以有效地一起工作,则过程前进到步骤1806,其中能力确认结束。如果确定是两种模式可以一起操作,则过程前进到步骤1810。在步骤1810,做出关于操作模式是否是USB模式的确定。如果操作模式不是USB模式,则过程前进到步骤1812。在步骤1812,接收到的能力消息可以被认为是被确认并且POC状态机可以前进到下一个过渡状态(例如,迟滞状态,之后是数据传输状态)。如果在步骤1810确定操作模式是USB模式,则过程前进到步骤1814。

[0172] 在步骤1814,接收器单元可以为其USB功能模式计算本地代码。这种本地代码可以表示设备是USB客户端、USB主机、USB OTG客户端还是USB OTG主机。这种本地代码可以占用能力消息的USB功能字段。接收器可以通过在POC状态机的不同阶段期间采样其中一个配置引脚(例如,引脚308)的状态并且比较采样的状态以计算本地代码来计算其本地代码。例如,单元可以寄存在留意状态和能力消息状态期间其中一个配置引脚(例如,引脚308)的状态。寄存的状态被比较,以计算本地代码。图20示出了可以被访问以计算本地代码的说明性查找表。现在参考图20,示出了用于留意状态和能力消息状态下配置引脚的值。值可以包括0、1、FLOAT和X,其中X可以类似于不去理会。因此,如图所示,当引脚在留意状态下为0时,计算出的代码可以是00。在另一情况下,当引脚在留意状态下为1时,计算出的代码可以是01。在这两种情况下,处于能力消息状态的引脚的值不考虑。如果引脚在留意状态下为FLOAT并且在能力消息状态下为1,则计算出的代码可以是11。如果引脚在留意状态下为FLOAT并且在能力消息状态下为0或FLOAT,则计算出的代码可以是10。计算出的代码可以指定EHF通信单元的USB模式功能并且它是到主机设备的活动连接。例如,本地代码00可以指示仅USB主机模式,本地代码01可以指示仅USB客户端模式,本地代码10可以指示便携式主机模式,并且本地代码11可以指示便携式客户端模式。

[0173] 应当认识到,发送器单元可以访问与图20中所示相同的表格,以确定其USB模式功能。一经计算其USB模式功能,它就可以在它发送到接收器单元的能力消息中包括适当的代码。具体地,它可以在消息1710的消息字段1733中包括那个代码。

[0174] 回过头来参考图18,在步骤1816,接收到的USB模式功能代码与本地USB功能代码进行比较。接着,在步骤1818,可以基于接收到的代码与本地代码的比较来执行动作。例如,图21示出了基于接收到的代码与本地代码的比较可以采取的说明性动作。如图所示,一些比较结果会导致无效能力消息的确定,这会使POC状态机退出能力消息状态并返回到信标/

监听状态。而且如图所示,一些比较会导致有效能力消息的确定。响应于有效能力消息,POC状态机可以推进到下一状态(例如,迟滞状态和/或数据传输状态)。一些动作还可以包括将其中一个配置引脚(例如,引脚308)驱动至逻辑0或1。

[0175] 应当理解,图18中所示的步骤仅仅是说明性的并且步骤执行的次序可以重新排列、附加步骤可以添加,并且步骤可以被略去。例如,步骤可以添加,以比较接收到的秘钥代码与本地秘钥代码,来评估接收到的能力消息的有效性。此外,附加的认证可以在能力消息状态期间执行。

[0176] 现在参考图22-29,根据各种实施例对数据传输模式进行附加的讨论。如以上所讨论的,用于EHF通信芯片的数据传输模式是基于其配置和控制引脚(例如,引脚308-313)的状态来设置的。当几个这种EHF通信芯片彼此结合地使用,它们可以根据选定的数据传输模式启用芯片到芯片的无接触通信。图22-29示出了用于实现各种数据传输模式的不同连接图。这些图中示出的每个通信单元可以包括诸如图3中所示的EHF通信单元,并且照此,类似的部件和引脚指定可以在这些图的讨论期间被参考。

[0177] 图22A-22C示出了根据各种实施例的用于被配置为根据几种不同USB模式之一操作的EHF芯片的不同的连接图。图22A示出了用于USB 3.0传输模式的说明性连接图。如图所示,高速数据引脚被每个EHF单元使用。具体地,超高速(SS)发送数据(示为SSTX+/-)可以经由这些高速引脚提供给发送器单元2202。单元2202可以将该数据无接触地发送到接收器单元2212,接收器单元2212经由其高速引脚输出该数据。超高速(SS)接收数据(示为SSRX+/-)可以经由高速引脚提供给发送器单元2214。发送器单元2214可以将该接收到的数据无接触地发送到接收器单元2204,接收器单元2204经由其高速引脚输出该数据。CP5和CP6引脚可以如图所示那样布线。

[0178] 图22B示出了用于USB 2.0数据传输模式的说明性连接图。如图所示,低速数据引脚被每个EHF单元使用。具体地,发送数据(示为D+/-)可以经由这些低速引脚提供给发送器单元2202。单元2202可以将该数据无接触地发送到接收器单元2212,接收器单元2212经由其低速引脚输出该数据。接收器数据(示为D+/-)可以经由低速引脚提供给发送器单元2214。发送器单元2214可以将接收到的数据无接触地发送到接收器单元2204,接收器单元2204经由其低速引脚输出该数据。低速引脚、CP5引脚和CP6引脚可以如图所示那样布线。

[0179] 图22C示出了用于USB 3.0/2.0 Auto可切换数据传输模式的说明性连接图。如图所示,连接图可以是USB 3.0和2.0传输模式二者的组合。高速引脚、低速引脚、CP5引脚和CP6引脚可以如图所示那样布线。在这种模式下,依赖于能力消息的结果和其它输入参数,USB 3.0或USB 2.0可以被选择用于数据传输。

[0180] 图23A和23B示出了根据各种实施例的用于被配置为根据几种不同的Display Port模式之一操作的EHF芯片的不同的连接图。图23A示出了用于DisplayPort传输模式和嵌入式DisplayPort模式的说明性连接图。EHF芯片可以被指定为源或宿(sink),如由其中一个配置引脚(例如,CP4引脚311)识别的。任何合适数量的EHF芯片(例如,通常是4个芯片)可以充当主链路并且另一个EHF芯片可以充当辅助链路。示出了仅两条主链路并且每条链路可以在其高速引脚上接收和/或输出数据。数据可以透明地经高速引脚传递。在宿侧,主链路0可以具有绑定到“0”的其低速数据引脚并且主链路1-3可以具有绑定到“1”的其低速数据引脚。CP6和CP5引脚可以如图所示那样连接。

[0181] 辅助链路可以操作在半双工、方向反转操作模式中。使用辅助链路的EHF单元可以使用它们的低速数据引脚用于数据I/O并且其中一个配置引脚(例如,CP1引脚308)用于热插拔检测(HPD)。

[0182] 图23B示出了用于MyDP传输模式的说明性连接图。用于MyDP的连接图示出了单个主链路和辅助链路。主链路绑定到(主机设备的)高速引脚,如图所示。辅助链路的宿侧将其一个配置引脚(例如,CP1引脚308)绑定到逻辑HIGH并且将辅助数据绑定到两个低速引脚。辅助链路的源侧将其一个配置引脚(例如,CP1引脚308)留为浮动并且辅助数据绑定到仅一个低速引脚。CP5和CP6引脚可以如图所示那样连接。

[0183] 图24示出了用于被配置为根据SATA或SAS数据传输模式操作的EHF芯片的连接图。如图所示,该连接图类似于图22A的USB3.0连接图,区别在于提供给EHF通信单元的和/或从EHF通信单元输出的数据。

[0184] 图25示出了用于被配置为根据多线数据传输模式(诸如PCIe)操作的EHF芯片的连接图。如图所示,该连接图类似于图22A的USB 3.0连接图,区别在于提供给EHF通信单元的和/或从EHF通信单元输出的数据,以及使用相同单元分组的多个实例。如图所示,N线数据可以利用PCIe传输模式实现,并且每个线可以需要其自己的全双工EHF单元集合。

[0185] 图26示出了用于被配置为根据以太网数据传输模式(诸如利用SGMII(串行千兆位媒体独立接口)的千兆位以太网)操作的EHF芯片的连接图。如图所示,该连接图类似于图22A的USB 3.0连接图,区别在于提供给EHF通信单元的和/或从EHF通信单元输出的数据。此外,图26示出了以太网的物理层。

[0186] 图27示出了用于被配置为根据I2S数据传输模式操作的EHF芯片的连接图。如图所示,单元可以与主设备或从设备关联。例如,主设备可以与诸如媒体播放器或电路的设备关联,并且从设备可以与诸如头戴受话器、麦克风或头戴式耳机的设备关联。主设备发送器单元可以分别在其配置引脚(例如,CP1引脚308)和低速引脚上接收串行时钟(SCK)、串行数据(SD)和字同步(WS)信号。从设备接收器单元可以向输出引脚输出这些相同的信号。SD和WS信号通过从设备中的SCK信号被计时(clock)到寄存器中,并且该寄存器可以通过从设备中的内部时钟异步地过采样。

[0187] 从发送器单元可以将在其一个低速数据引脚上接收的SD信号(例如,输入信号或麦克风信号)发送到主设备接收器单元。如这里所示出的,从设备发送器单元和主设备接收器单元可以根据一般低速模式操作,该模式可以是用于异步发送数据的模式。而且,在一般低速模式下,数据可以透明地传递通过EHF通信单元。在发送器设备中,数据在其中一个低速数据引脚上被接收并且映射到2电平EHF信令,其中“1”映射到全载波并且“0”映射到部分载波。接收器设备可以接收该2电平EHF信号并且在其中一个低速数据引脚上再现原始二进制流。

[0188] 图28A-28C示出了根据各种实施例的用于被配置为根据GPIO或I2C传输模式操作的EHF芯片的不同连接图。具体地,图28A示出了布线为用于双向GPIO传输模式的EHF单元的连接图并且图28B示出了布线为用于单向GPIO传输模式的EHF单元的连接图。在这两种模式下,低速引脚和其中一个配置引脚(例如,CP1引脚308)被用作I/O引脚。主机设备(未示出)中的接收器单元的I/O可以作为具有固定电阻内部拉升的漏极开路输出而运转。主机设备(未示出)中的发送器单元的I/O可以充当2态输入。

[0189] 图28C示出了布线为用于I2C传输模式的EHF单元的连接图。这种模式可以与GPIO模式类似地操作,但是只使用一个低速引脚并且使用相同的配置引脚。此外,外部电阻拉升(例如,R1或R2)可以代替内部电阻拉升被使用。完整的链路可以利用I2C模式中的单元形成以从主到从传输SDA(数据)和SCK(时钟),以及利用一般低速模式中的单元形成以由从到主传输SDA。为了让一般低速模式在对I2C传输模式的支持中被使用,接收器单元上的低速引脚(例如,LSD\_c引脚)可以充当连接到发送器单元的输入漏极开路低速数据引脚(例如,LSD\_t引脚)的漏极开路输出。这些引脚可以连接到一起并且通过电阻器在外部连接到VDD。

[0190] 图29示出了用于被配置为根据不需要意识进展的一般数据传输模式操作的EHF芯片的连接图。除POC状态机可以从CP4状态(例如,CP4状态606)过渡到数据传输状态(例如,状态618)由此绕过留意、链路训练和能力消息状态之外,这种模式可以类似于一般低速模式来起作用。这种过渡类似于图6的过渡19。此外,除过渡到断开状态之外,可能没有从数据传输状态的离开。这种模式可以被用作由微控制器管理的独立链路。CP6输入可以在发送器单元上启用EHF,并且可以指示接收器单元上EHF的存在(0或者1)。例如,当CP6在发送器单元上为HIGH时,数据可以经由EHF信令作为1或0发送,否则EHF空闲信号可以被发送。EHF空闲信号可以类似于以上讨论的“保持存活脉冲”。

[0191] 现在参考图30-32,根据各种实施例更详细地讨论数据传输空闲状态。图30示出了在数据传输空闲状态期间可以被发送器单元采取的步骤的说明性流程图。图31示出了在数据传输空闲状态期间可以被接收器单元采取的步骤的说明性流程图。图32示出了数据传输空闲保持存活循环的说明性时序图。一般而言,如之前在上面讨论过的,数据传输空闲状态可以使得能够对一种或多种数据传输模式(例如,USB 2.0、USB 3.0和DisplayPort)快速进入和离开低功率状态。

[0192] 在图30中以步骤3002开始,发送器单元可以已经进入数据传输空闲状态。进入数据传输空闲状态的条件在以上联系图6讨论过了。在步骤3004,包括操作为发送EHF信号的电路在内的各种电路可以断电。在一些实施例中,被切断的电路可以是在当单元处于信标/监听状态时的期间被断电的相同电路。接着,在步骤3006,保持存活定时器可以被激活。保持存活定时器可以周期性地唤醒断电的电路,以便使该电路能够发送EHF保持存活脉冲信号(以下讨论)。在步骤3008,电路可以响应于来自保持清醒定时器的指令而清醒,并且在步骤3010,电路可以发送EHF保持存活脉冲。EHF保持存活脉冲可以包括在每个固定时间段(例如,每3.125 $\mu$ s)跨固定数量的时钟循环(例如,16个时钟循环)的一系列1。这种EHF保持存活脉冲的例子在图32中示出。在发送EHF保持存活脉冲之后,电路被切断,如由步骤3012所指示的。在电路被切断之后,过程可以循环回到步骤3008。发送器单元可以继续发送EHF保持存活脉冲,直到其返回到数据传输状态或信标/监听状态为止。现在讨论这些过渡。

[0193] 流程图可以具有与保持存活定时器回路并发运行的两个其它回路。例如,其中一个其它回路从步骤3002过渡到步骤3020。在步骤3020,做出关于是否有任何数据在输入缓冲区上被接收的确定。例如,发送器单元可以确定是否有任何数据在其高速或低速数据引脚上被接收。如果没有接收到数据,则过程循环回到步骤3020。如果接收到数据,则发送器单元可以进入数据传输状态。

[0194] 另一个回路在步骤3030开始。在步骤3030,确定发送器单元的CP6引脚是否已经变成“0”。如果还没有,则过程前进到步骤3032,该步骤确定发送器单元的CP5引脚是否保持在

0持续某个预定义的时间段。如果没有,则过程前进回步骤3030。如果在步骤3030确定为是,则过程可以前进到步骤3034,这可以使单元进入信标/监听状态。如果在步骤3032确定为是,则过程可以前进到步骤3034。

[0195] 在图31中以步骤3102开始,接收器单元可以已经进入数据传输空闲状态。进入数据传输空闲状态的条件在以上联系图6讨论过了。在步骤3104,包括操作为用于检测EHF信号存在的电路在内的各种电路可以断电。在一些实施例中,被切断的电路可以是在当单元处于信标/监听状态时的期间断电的相同电路。接着,在步骤3106,监听定时器可以被激活。监听定时器可以周期性地唤醒断电的电路,以便使该电路能够监听EHF信号。在步骤3108,电路可以响应于来自监听定时器的指令而清醒,使得电路可以在每个固定时间段的恒定监听时间段期间监听EHF信号。恒定监听时间段可以由监听定时器设置。例如,监听时间可以使该电路每125 $\mu$ s当中有6.25 $\mu$ s监听EHF信号。这种接收器监听脉冲的例子在图32中示出。

[0196] 在步骤3110,做出关于是否接收到任何EHF信号的确定。如果还没有接收到EHF信号,则过程可以前进到步骤3112,该步骤检查超时定时器是否已经超时。超时定时器可以控制接收器是否由于EHF活动的不存在而应当过渡到信标/监听状态。因此,如果超时定时器已经超时,则接收器单元可以进入信标/监听状态,如在步骤3116中所示,但是,如果超时定时器还没有超时,则过程可以前进到步骤3114。在步骤3114,电路可以断电,并且过程可以循环回到步骤3108。如果在步骤3110接收到EHF信号,则过程可以前进到步骤3118。

[0197] 在步骤3118,做出关于接收到的EHF信号是指示保持存活脉冲还是非空闲脉冲的确定。这种确定可以基于接收到的EHF信号的脉冲串长度。接收到的EHF信号可以包括分组到一起以形成脉冲串的一系列1和0。如果接收到的信号的脉冲串长度超过非空闲时间阈值,则接收到的EHF信号可以被归类为非空闲脉冲并且过程可以前进到步骤3124,接着在步骤3126进入数据传输状态。如果接收到的信号的脉冲串长度包括落入保持存活脉冲时间范围内的1的脉冲串,则接收到的信号可以被归类为保持存活脉冲。保持存活脉冲时间范围可以包括时间下界和时间上界,它们以EHF保持存活脉冲信号的脉冲长度为中心。例如,如果EHF保持存活脉冲信号的脉冲长度是60ns,则时间下界可以是40ns并且时间上界可以是80ns。空闲时间阈值可以大于保持存活脉冲范围的时间上界。例如,空闲时间阈值可以是1.2 $\mu$ s。一经确定接收到的EHF信号是保持存活脉冲,过程就可以前进到步骤3120,接着前进到步骤3122,该步骤在循环回到步骤3108之前复位超时定时器。

[0198] 图32示出了用于发送器和接收器单元二者的空闲保持存活循环的说明性时序图。Tx循环示出了具有每3.125 $\mu$ s当中大约60ns的脉冲宽度的说明性保持存活脉冲。Rx循环示出了其中在每个监听循环的恒定监听周期期间接收器电路监听EHF信号的说明性监听循环。

[0199] 现在参考图33-36来讨论根据实施例在两个EHF通信单元之间建立EHF通信链路的另选方法。该另选方法与以上联系图9讨论的方法不同,区别在于唤醒回路只需要两个EHF通信单元建立EHF通信链路。这种方法消除了让唤醒回路使用有线和无接触连接两者以在EHF通信单元之间传送数据和信号的需求。因此,在这种方法中,两个EHF通信单元可以利用无接触EHF信号直接彼此通信,以建立链路。

[0200] 图33示出了根据实施例的通信系统3300,其中两个电子设备3310和3320可以经无接触通信链路彼此通信。系统3300可以在许多方面都类似于系统100和200。第一设备3310

可以包括EHF通信单元3312和主机系统3316。主机系统3316可以与EHF通信单元3312通信。类似地,第二设备3320可以包括EHF通信单元3322和主机系统3326。主机系统3326可以与EHF通信单元3322通信。主机系统3316和3326可以类似于主机系统104和124,二者都可以包括特定于其各自设备的电路并且由此使得设备3310和3320能够为其预期的功能而操作。

[0201] 在一些实施例中,EHF通信单元3312和3322当中的每一个可以与以上讨论的EHF通信单元106或126相同。照此,EHF通信单元3312和3322包括能够发送和接收EHF信号的收发器,并且因此可以进行双向EHF通信。这种双向EHF通信链路被示为无接触通信链路3330。而且如图所示,单个链路唤醒回路只包括EHF通信单元3312和3322以及链路3330。

[0202] 为了让设备3310和3320经由链路3330彼此通信,EHF单元3312和3322可能不得不在数据可在设备之间传送之前前进通过一系列步骤。这些步骤可以由一个或多个状态机控制。状态机可以类似于意识进展(POC)状态机,如以上所讨论的。在一些实施例中,单元3312和3322当中的每一个可以前进通过与POC状态机相同的状态,但是在状态改变通知如何被提供方面有所不同并且满足一个或多个状态的条件也可以不同。例如,联系图9的系统操作的POC状态机使用有线路径来传送状态通知,而联系图33操作的POC状态机不使用任何有线路径来传送状态通知,而是只使用通信链路3330来提供状态改变通知。而且,因为没有有线路径被用来传播状态改变,所以EHF通信单元3312和3322可以经通信链路3330轮流发送和接收EHF信号。

[0203] 在系统3300中采用的单个链路唤醒回路可能需要EHF通信单元3312和3322当中的每一个在发送器和接收器模式之间切换。例如,如果单元(例如,3312)处于第一状态并且经由链路3330发送数据,则该单元可以操作在发送器模式持续第一时间段,以发送数据,接着切换到接收器模式持续第二时间段,以监听可以由另一单元发送的数据。在第二时间段过去之后,单元可以切换回到发送器模式,并且重复这个循环,直到满足使单元切换到不同状态的条件为止。例如,如果在其操作在接收器模式时接收到通知,则该单元可以过渡到不同状态。

[0204] 图34示出了根据实施例的显示出单元3310和3320的POC状态以及发送器和接收器操作模式的说明性时序图。如图所示,单元3322和3312过渡通过信标发送或监听、链路训练、能力消息和数据传输状态。对于每个状态,时序图示出用于每个单元的Tx和Rx操作模式。Tx和Rx操作模式仅仅是说明性的,但是,附图确实示出每个单元可以如何在一种或多种状态期间在模式之间切换。此外,操作模式说明了每个单元如何操作其收发器,以便前进通过其各自的POC状态机。例如,单元3322被示为在信标发送状态下在模式之间切换。在发送模式下,单元3322可以发送EHF信号,并且在接收模式信号中,单元3322可以监听信号,以确定是否过渡到链路训练状态。继续这个例子,单元3312可以处于监听状态,其中,在接收模式下,它监听EHF信号,并且在发送模式下,它可以发送确认其接收到了EHF信号的EHF信号。它还可以过渡到链路训练状态。当单元3322从单元3312接收到确认信号时,它也可以过渡到链路训练状态。模式之间这种推进通过状态的切换循环可以继续,直到两个单元都进入数据传输状态或者由于一个或多个因素而退出进展为止。

[0205] 图35示出了根据实施例的可以被主要作为发送器单元操作的EHF通信单元(例如,单元3322)采取的步骤的说明性流程图。应当理解,虽然这个单元主要作为发送器单元操作,但是它也可以作为接收器单元操作,以便从另一单元(例如,单元3312)接收信号。在步

骤3502开始,信标信号可以由EHF通信单元(例如,单元3322)发送。在这里,单元操作在发送器模式。在3504,EHF单元可以监听来自另一单元(例如,单元3312)的EHF响应。在这里,单元操作在接收器模式。在步骤3506,做出关于是否接收到EHF响应的确定。如果没有,则流程图返回到步骤3502。如果是,则流程图前进到步骤3508,其中EHF单元可以发送链路训练数据。在这个步骤中,单元操作在发送器模式。

[0206] 在步骤3510,做出关于是否接收到EHF响应的确定。在这个步骤中,单元操作在接收器模式。如果确定为否,则过程前进到步骤3512,该步骤确定定时器是否超时。如果定时器还没有超时,则过程返回到步骤3508。如果定时器已经超时,则过程可以返回到步骤3502。如果在步骤3510的确定为是,则过程可以前进到步骤3514,其中EHF单元发送能力消息。在步骤3516,做出关于是否接收到EHF响应的确定。如果确定为否,则过程可以前进到步骤3518,该步骤确定定时器是否超时。如果定时器还没有超时,则过程返回到步骤3514。如果定时器已经超时,则过程可以返回到步骤3502。如果在步骤3516的确定为是,则过程可以前进到步骤3514,其中单元可以进入数据传输状态。

[0207] 图36示出了根据实施例的可以被主要作为接收器单元操作的EHF通信单元(例如,单元3312)采取的步骤的说明性流程图。应当理解,虽然这个单元主要作为接收器单元操作,但是它也可以作为发送器单元操作,以便从另一单元(例如,单元3322)接收信号。在步骤3602开始,EHF单元可以监听信标信号。在这个步骤中,EHF单元可以操作在接收器模式。在步骤3604,EHF单元可以在检测到信标信号时切换到发送器模式并且发送EHF响应信号。在步骤3606,EHF单元可以切换回到接收器模式并且等待接收链路训练信号。在步骤3608,EHF单元可以在链路通过训练时切换到发送器模式并且发送EHF响应信号。

[0208] 在步骤3610,EHF单元可以切换回到接收器模式并且等待接收能力消息。在步骤3612,EHF单元可以在能力消息得到确认时切换回发送器模式并且发送EHF响应信号。在步骤3614,单元可以进入数据传输状态。

[0209] 段落1:一种系统,包括:

[0210] 第一和第二设备,每个都包括多个无接触通信单元,

[0211] 其中每个通信单元操作为执行其自己的状态机,以在第一和第二设备之间启用至少一条无接触通信链路,及

[0212] 其中状态机使其各自的通信单元过渡通过多个状态,以建立至少一条无接触通信链路。

[0213] 段落2:段落1的系统,其中定义上游和下游关系的唤醒回路在多个无接触通信单元当中存在。

[0214] 段落3:段落2的系统,其中上游通信单元向下游通信单元提供信号。

[0215] 段落4:段落3的系统,其中当上游通信单元是发送器单元并且下游通信单元是接收器单元时,信号经由极高频(EHF)无接触连接被传送。

[0216] 段落5:段落3的系统,其中当上游通信单元是接收器单元并且下游通信单元是发送器单元时,信号经由有线连接被传送。

[0217] 段落6:段落2的系统,其中任何下游通信单元的状态过渡依赖于其上游通信单元的信号。

[0218] 段落7:段落1的系统,其中未能满足用于任何状态机的任何状态过渡使那个状态

机返回初始化状态。

[0219] 段落8:段落1的系统,其中多个状态包括初始化状态、链路训练状态、能力消息状态以及数据传输状态。

[0220] 段落9:段落8的系统,其中初始化状态包括信标发送状态。

[0221] 段落10:段落8的系统,其中初始化状态包括监听状态。

[0222] 段落11:一种系统,包括:

[0223] 多个无接触通信单元,经由有线连接和无接触连接的组合被布置在唤醒回路中;及

[0224] 其中每个无接触通信单元使用唤醒回路来过渡通过多个状态,以建立至少一条EHF通信链路。

[0225] 段落12:段落11的系统,还包括:

[0226] 第一设备,包括多个无接触通信单元当中的至少两个;及

[0227] 第二设备,包括多个无接触通信单元当中的至少两个,其中有线连接在通信单元之中启用设备内通信,并且其中无接触连接在通信单元之中启用设备间通信。

[0228] 段落13:段落12的系统,其中第一设备的多个无接触通信单元当中的至少两个包括第一接收器单元和第一发送器单元,其中第一接收器和第一发送器单元经由至少第一有线连接彼此通信,

[0229] 其中第二设备的多个无接触通信单元当中的至少两个包括第二接收器单元和第二发送器单元,其中第二接收器和第二发送器单元经由至少第二有线连接彼此通信,

[0230] 其中第一发送器单元经由第一无接触连接与第二接收器单元通信,并且其中第二发送器单元经由第二无接触连接与第一接收器单元通信。

[0231] 段落14:段落11的系统,其中用于任何通信单元的状态过渡的执行依赖于由根据唤醒回路被布置在紧接其前面的上游通信单元提供的信号。

[0232] 段落15:段落14的系统,其中当上游通信单元是发送器单元时,该发送器单元经由无接触连接传送信号。

[0233] 段落16:段落14的系统,其中当上游通信单元是接收器单元时,该接收器单元经由有线连接传送信号。

[0234] 段落17:段落11的系统,其中多个状态包括链路训练状态、能力消息传送状态以及数据传输状态。

[0235] 段落18:一种无接触通信接收器单元(CCRU),用于与第一无接触通信发送器单元建立无接触通信链路并且用于经由至少一条有线路径与至少第二无接触通信发送器单元通信,该无接触通信接收器单元包括:

[0236] 多个引脚,其中至少第一引脚被用来经由有线路径与第二发送器单元通信;

[0237] 换能器,用于从第一发送器单元接收极高频(EHF)无接触信号;及

[0238] 电路,操作为:

[0239] 执行在无接触通信链路建立期间跟踪CCRU的状态的CCRU状态机,其中状态机响应于由换能器接收到的信号而过渡通过多个状态;及

[0240] 响应于状态过渡而在被用来与第二发送器单元通信的至少一个引脚上选择性地驱动信号。

[0241] 段落19:段落18的无接触通信接收器单元,其中多个状态包括链路训练状态、能力状态以及数据传输状态。

[0242] 段落20:段落19的无接触通信接收器单元,其中当换能器接收到信标信号时,状态机过渡到链路训练状态。

[0243] 段落21:段落19的无接触通信接收器单元,其中在CCRU与第一无接触通信发送器单元之间的无接触通信链路经过训练之后,状态机过渡到能力状态。

[0244] 段落22:段落19的无接触通信接收器单元,其中在能力消息被从第一无接触通信发送器单元接收到并且被CCRU确认之后,状态机过渡到数据传输状态。

[0245] 段落23:段落22的无接触通信接收器单元,其中多个状态包括迟滞状态,其中在过渡到数据传输状态之前,状态机从能力消息状态过渡到迟滞状态。

[0246] 段落24:段落19的无接触通信接收器单元,其中多个状态包括数据传输空闲状态,其中状态机从数据传输状态过渡到数据传输空闲状态,以节省电力。

[0247] 段落25:段落19的无接触通信接收器单元,其中多个状态包括至少一个初始化状态,并且其中电路操作为响应于从至少一个初始化状态到链路训练状态的状态过渡而在被用来与第二发送器单元通信的第二引脚上驱动信号。

[0248] 段落26:段落18的无接触通信接收器单元,其中多个引脚包括至少一个传输模式选择引脚,其中无接触通信链路根据由所述至少一个传输模式选择引脚设置的传输模式来传输数据。

[0249] 段落27:段落19的无接触通信接收器单元,其中数据传输模式是基于标准的传输模式。

[0250] 段落28:一种无接触通信发送器单元(CCTU),用于与第一无接触通信接收器单元建立无接触通信链路并且用于经由至少一条有线路径与第二无接触通信接收器通信,该无接触通信发送器单元包括:

[0251] 多个引脚,其中至少一个引脚被用来经由有线路径与第二接收器单元通信;

[0252] 换能器,用于向第一接收器单元发送极高频(EHF)无接触信号;

[0253] 电路,操作为:

[0254] 执行在无接触通信链路建立期间跟踪CCTU的状态的CCTU状态机,其中状态机响应于由至少一个引脚接收到的信号而过渡通过多个状态;及

[0255] 响应于状态过渡,选择性地发送EHF信号。

[0256] 段落29:段落28的无接触通信发送器单元,其中被用来经由有线路径与第二接收器单元通信的至少一个引脚是芯片间通信引脚。

[0257] 段落30:段落29的无接触通信发送器单元,其中芯片间通信引脚接收使状态机过渡到新状态的信号。

[0258] 段落31:段落28的无接触通信发送器单元,其中选择性地发送的EHF信号确定状态机的将来状态。

[0259] 段落32:段落28的无接触通信发送器单元,其中由所述至少一个引脚接收的信号是从CCTU状态机中的状态改变过渡得出的。

[0260] 段落33:段落28的无接触通信发送器单元,其中CCTU是包括至少第一和第二接收器单元、CCTU和第二发送器单元的唤醒回路的一部分,第二发送器操作地耦合到第一和第

二接收器单元。

[0261] 段落34:段落33的无接触通信发送器单元,其中CCTU状态机使用唤醒回路来推进状态改变过渡。

[0262] 段落35:段落28的无接触通信发送器单元,其中多个状态包括至少一个初始化状态,其中多个引脚之一是信标启用引脚,并且其中当信标启用引脚被驱动为HIGH时,状态机过渡到所述至少一个初始化状态。

[0263] 段落36:段落35的无接触通信发送器单元,其中当信标启用引脚被驱动为LOW时,状态机过渡到断开状态。

[0264] 段落37:段落35的无接触通信发送器单元,其中所述至少一个初始化状态包括使电路经由换能器发射信标发送EHF信号的信标发送状态。

[0265] 段落38:段落28的无接触通信发送器单元,其中多个状态包括链路训练状态、能力状态以及数据传输状态。

[0266] 段落39:一种用于建立EHF通信链路的方法,包括:

[0267] 执行跟踪第一EHF通信单元的状态以建立EHF通信链路的状态机,状态机操作为响应于由上游EHF通信单元提供的信号而过渡通过多个状态,其中执行状态机包括:

[0268] 确定是否响应于由上游EHF通信单元接收到的信号而过渡到多个状态中选定的一个;

[0269] 当确定要过渡到选定的状态时,过渡到该选定的状态;及

[0270] 响应于状态过渡而向下游EHF通信单元传送信号。

[0271] 段落40:段落39的方法,其中第一、上游和下游通信单元被包括为唤醒回路的一部分。

[0272] 段落41:段落40的方法,还包括利用唤醒回路来过渡通过多个状态。

[0273] 段落42:段落39的方法,其中被传送到下游EHF通信单元的信号确定状态机的将来状态。

[0274] 段落43:段落39的方法,其中执行状态机包括当确定不过渡到选定的状态时过渡到信标/监听状态。

[0275] 段落44:段落39的方法,其中执行状态机包括过渡到串行接口控制模式。

[0276] 段落45:段落39的方法,其中选定的状态包括链路训练状态。

[0277] 段落46:段落45的方法,还包括向下游通信单元发送链路训练数据。

[0278] 段落47:段落45的方法,还包括:

[0279] 从上游通信单元接收链路训练数据;及

[0280] 基于接收到的链路训练数据来校准第一通信单元。

[0281] 段落48:段落39的方法,其中选定的状态包括能力消息状态。

[0282] 段落49:段落48的方法,还包括向下游通信单元发送能力消息数据。

[0283] 段落50:段落48的方法,还包括:

[0284] 从上游通信单元接收能力消息数据;及

[0285] 确认接收到的能力消息数据。

[0286] 段落51:段落39的方法,其中选定的状态包括数据传输状态。

[0287] 段落52:段落39的方法,还包括:

- [0288] 确定与通信链路一起使用的数据传输模式；
- [0289] 利用建立的通信链路根据数据传输模式无接触地传输数据。
- [0290] 段落53:段落39的方法,还包括:
- [0291] 周期性地激活电路,以执行信标发送操作和监听操作之一。
- [0292] 段落54:一种用于利用极高频 (EHF) 通信单元发送EHF信标发送信号的方法,该EHF通信单元包括定时器和操作为发送EHF信标发送信号的电路,该方法包括:
- [0293] 响应于EHF通信单元进入信标发送状态而激活定时器,其中定时器操作为一个周期提供一次脉冲,以周期性地唤醒发送EHF信标发送信号的电路,其中脉冲具有固定的持续时间;
- [0294] 响应于由定时器提供的脉冲而唤醒电路;
- [0295] 从该电路发送EHF信标发送信号持续固定的持续时间;
- [0296] 在该固定的持续时间过去之后切断电路;及
- [0297] 重复包括唤醒、发送和切断的序列。
- [0298] 段落55:段落54的方法,其中EHF信标发送信号是包括逻辑值HIGH的EHF无接触信号。
- [0299] 段落56:段落54的方法,其中定时器根据多个不同时钟速度当中选定的一个来操作,其中所述固定的持续时间保持相同而与选定的时钟速度无关。
- [0300] 段落57:段落54的方法,其中定时器根据多个不同时钟速度当中选定的一个来操作,其中所述周期基于选定的时钟速度而变。
- [0301] 段落58:段落57的方法,其中周期基于固定数量的时钟循环。
- [0302] 段落59:段落58的方法,其中固定数量的时钟循环是定义接收EHF信标发送信号的对等EHF通信单元的恒定监听周期的第二固定数量的时钟循环的一小部分。
- [0303] 段落60:段落54的方法,其中序列被重复直到EHF通信单元被指示停止发送信标发送信号。
- [0304] 段落61:段落54的方法,还包括:
- [0305] 接收对等EHF通信单元已经接收到所发送的EHF信标发送信号的指示;及
- [0306] 响应于接收到的指示而停止EHF信标发送信号的发送。
- [0307] 段落62:段落54的方法,还包括:
- [0308] 接收对等EHF通信单元已经接收到所发送的EHF信标发送信号的指示;及
- [0309] 响应于接收到的指示而给所述电路和其它电路通电。
- [0310] 段落63:一种用于利用极高频 (EHF) 通信单元监听EHF信标发送信号的方法,EHF通信单元包括定时器和操作为接收EHF信标发送信号的电路,该方法包括:
- [0311] 响应于EHF通信单元进入监听状态而激活定时器,其中定时器操作为一个循环提供一次恒定监听脉冲,以周期性地唤醒接收EHF信号的电路;
- [0312] 响应于由定时器提供的恒定监听脉冲而唤醒电路;
- [0313] 确定在该恒定监听脉冲期间是否接收到至少一个EHF信标发送信号;
- [0314] 如果确定在恒定监听脉冲期间没有接收到EHF信号,则切断电路;及
- [0315] 重复包括唤醒、监测、确定和切断的序列,直到EHF通信单元被指示以停止对EHF信标发送信号的监测。

- [0316] 段落64:段落63的方法,其中EHF信标发送信号是包括逻辑值HIGH的EHF无接触信号。
- [0317] 段落65:段落63的方法,还包括:
- [0318] 当确定在恒定监听周期期间接收到EHF信标发送信号时,过渡到另一状态。
- [0319] 段落66:段落65的方法,其中所述另一状态是链路训练状态。
- [0320] 段落67:段落63的方法,其中定时器根据时钟速度操作,其中恒定监听周期基于第一数量的时钟循环并且循环周期基于第二数量的时钟循环,其中时钟循环的第二数量大于时钟循环的第一数量。
- [0321] 段落68:段落67的方法,其中定时器根据多个不同的时钟速度当中选定的一个来操作,其中恒定监听周期和循环周期基于选定的时钟速度而变。
- [0322] 段落69:段落67的方法,其中时钟循环的第一数量是定义EHF信标发送信号的循环周期的第三数量的时钟循环的倍数。
- [0323] 段落70:段落63的方法,其中EHF通信单元响应于恒定监听脉冲从监听状态过渡到留意状态。
- [0324] 段落71:段落70的方法,其中EHF通信单元保留在留意状态,直到至少一个恒定监听周期结束并且确定在该恒定监听周期期间接收到EHF信标信号。
- [0325] 段落72:段落63的方法,其中EHF通信单元在重新进入监听状态之前循环通过至少两个状态。
- [0326] 段落73:段落63的方法,其中所述至少两个状态包括发送器/接收器检查状态和留意状态。
- [0327] 段落74:段落73的方法,其中接收到的EHF信标发送信号是不安全的EHF信号。
- [0328] 段落75:段落63的方法,还包括:
- [0329] 当确定在恒定监听周期期间接收到EHF信标发送信号时,与另一EHF通信单元通信。
- [0330] 段落76:段落75的方法,其中EHF通信单元通过驱动经由有线路径耦合到另一EHF通信单元的引脚来与该另一EHF通信单元通信。
- [0331] 段落77:一种第一装置,包括:
- [0332] 极高频(EHF)收发器;及
- [0333] 控制电路,耦合到EHF收发器,该控制电路操作为:
- [0334] 通过执行状态机来控制与第二装置的EHF通信链路的建立,其中所述状态机通过响应于满足多个条件当中的任何一个而过渡通过多个状态来跟踪第一装置的状态;及
- [0335] 基于第一装置的配置选择性地执行信标发送循环和监听循环之一,其中,如果配置是发送器配置,则执行信标发送循环,并且其中,如果配置是接收器配置,则执行监听循环。
- [0336] 段落78:段落77的第一装置,其中,当信标发送循环被选择性地执行时,控制电路还操作为:
- [0337] 利用EHF收发器,周期性地发送EHF信标发送信号。
- [0338] 段落79:段落78的第一装置,其中控制电路还操作为:
- [0339] 对多个通信节点监测指示条件之一被满足的至少一个信号;及

- [0340] 响应于监测到的所述至少一个信号而停止利用EHF收发器来发送EHF信标发送信号。
- [0341] 段落80:段落77的第一装置,其中,当监听循环被选择性地执行时,控制电路还操作为:
- [0342] 周期性地监测EHF收发器,以确定是否已经接收到EHF信号。
- [0343] 段落81:段落80的第一装置,其中控制电路还操作为:
- [0344] 当接收到EHF信号时,使状态机过渡到新状态。
- [0345] 段落82:段落80的第一装置,其中控制电路还操作为:
- [0346] 当满足条件之一时,在多个通信节点当中的至少一个上提供至少一个信号。
- [0347] 段落83:段落77的第一装置,还包括根据时钟循环操作并且一个周期提供一次脉冲以周期性地唤醒EHF收发器的定时器。
- [0348] 段落84:段落83的第一装置,其中,当监听循环被选择性地执行时,脉冲跨第一数量的时钟循环并且周期跨第二数量的时钟循环,并且其中,当信标发送循环被选择性地执行时,脉冲保持为高持续固定的时间段并且周期跨第三数量的时钟循环,其中第三数量是第一数量的一小部分,并且其中第二数量大于第二数量。
- [0349] 段落85:段落83的第一装置,其中,当信标发送循环被选择性地执行时,控制电路还操作为:
- [0350] 响应于由定时器提供的脉冲而唤醒EHF收发器;
- [0351] 从EHF收发器,发送EHF信标发送信号持续固定的持续时间;
- [0352] 在该固定的持续时间过去之后切断EHF收发器;及
- [0353] 重复包括唤醒、发送和切断的序列,直到状态机过渡到新状态为止。
- [0354] 段落86:段落83的第一装置,其中,当监听循环被选择性地执行时,控制电路还操作为:
- [0355] 响应于由定时器提供的脉冲而唤醒电路;
- [0356] 对EHF收发器监测在该脉冲期间接收到的EHF信号;
- [0357] 确定在该脉冲期间是否接收到至少一个EHF信号;
- [0358] 如果确定在该脉冲期间没有接收到EHF信号,则切断电路;及
- [0359] 重复包括唤醒、监测、确定和切断的序列。
- [0360] 段落87:一种用于在极高频(EHF)通信单元之间传送能力消息的方法,该方法包括:
- [0361] 运行具有时钟循环的时钟;
- [0362] 响应于进入能力消息状态,经由EHF收发器发送重复的消息流,
- [0363] 其中每个消息包括报头字段和多个消息字段,报头字段定义每个消息的开始,并且其中每个字段利用根据时钟被串行化的至少一个脉宽编码(PWC)符号编码,使得1电平EHF信号和0电平EHF信号之一与每个时钟循环关联。
- [0364] 段落88:段落87的方法,其中每个符号跨固定数量的时钟循环,以上升沿开始、以下降沿结束并且以0电平EHF信号终止。
- [0365] 段落89:段落88的方法,其中逻辑0符号包括1和3个之间的1电平EHF信号。
- [0366] 段落90:段落88的方法,其中逻辑1符号包括7和11个之间的1电平EHF信号。

- [0367] 段落91:段落88的方法,其中报头符号包括4和6个之间的1电平EHF信号。
- [0368] 段落92:段落87的方法,其中发送包括:
- [0369] 在重复的消息之间插入至少一个间隙循环,其中间隙循环被表示为0电平EHF信号。
- [0370] 段落93:段落87的方法,其中报头字段包括至少一个报头符号。
- [0371] 段落94:段落87的方法,其中每个消息字段包括逻辑0和逻辑1符号的任意组合。
- [0372] 段落95:段落87的方法,其中至少一个消息字段基于多个引脚当中的至少一个的状态利用至少一个符号填充。
- [0373] 段落96:段落87的方法,其中至少一个消息字段基于存储在EHF通信单元内的数据利用至少一个符号填充。
- [0374] 段落97:段落87的方法,还包括:
- [0375] 获得多个引脚的状态;
- [0376] 基于获得的状态确定操作模式;及
- [0377] 在其中一个消息字段中使用指示所确定的操作模式的符号。
- [0378] 段落98:段落87的方法,还包括:
- [0379] 从储存器检索消息数据;及
- [0380] 在其中一个消息字段中使用指示检索出的消息数据的符号。
- [0381] 段落99:段落87的方法,还包括:
- [0382] 接收另一EHF通信单元已经接收到消息的指示;及
- [0383] 响应于接收到的另一EHF通信单元已经接收到消息的指示,指示状态机过渡到新状态。
- [0384] 段落100:段落87的方法,还包括:
- [0385] 如果在固定的时间段内没有接收到指示另一EHF通信单元已经接收到消息的指示,则指示状态机过渡到信标发送状态。
- [0386] 段落101:一种用于利用第一极高频(EHF)通信单元确认能力消息的方法,该方法包括:
- [0387] 经由EHF收发器从第二EHF通信单元接收对等能力消息,其中每个消息包括报头字段和多个对等消息字段,报头字段定义每个消息的开始,并且对等消息字段定义对等设备的参数;
- [0388] 从第一EHF通信单元检索本地能力消息,该本地能力消息包括多个本地消息字段;及
- [0389] 比较至少一个对等消息字段与等效的本地消息字段,以确认接收到的对等能力消息。
- [0390] 段落102:段落101的方法,还包括:
- [0391] 确定是否确认对等消息;及
- [0392] 当确定对等消息被确认时,指示第一EHF通信单元过渡到新状态。
- [0393] 段落103:段落102的方法,还包括:
- [0394] 当第一EHF通信单元过渡到新状态时,在多个通信节点当中的至少一个上提供至少一个信号。

- [0395] 段落104:段落101的方法,还包括:
- [0396] 确认对等消息,其中被确认的对等消息识别数据传输模式;及
- [0397] 根据识别出的数据传输模式配置第一EHF通信单元以处理接收到的EHF信号。
- [0398] 段落105:段落101的方法,其中所述至少一个对等消息字段和等效的本地消息字段是厂商标识字段,该方法还包括:
- [0399] 如果厂商标识字段的内容不相同,则拒绝对等能力消息;及
- [0400] 如果厂商标识字段的内容相同,则推进能力消息的接受。
- [0401] 段落106:段落101的方法,其中所述至少一个对等消息字段和等效的本地消息字段是数据传输模式字段,该方法还包括:
- [0402] 如果数据传输模式字段的内容未被确认,则拒绝对等能力消息;及
- [0403] 如果数据传输模式字段的内容被确认,则推进能力消息的接受。
- [0404] 段落107:段落101的方法,其中所述至少一个对等消息字段和等效的本地消息字段是数据传输模式字段,其中对等消息字段包括对等USB模式并且本地消息字段包括本地USB模式,该方法还包括:
- [0405] 比较对等USB模式与本地USB模式,以确定对等能力消息的有效性。
- [0406] 段落108:段落101的方法,其中所述至少一个对等消息字段和等效的本地消息字段是USB代码字段,其中对等消息字段包括对等USB代码并且本地消息字段包括本地USB代码,该方法还包括:
- [0407] 比较对等USB代码与本地USB代码;及
- [0408] 基于USB代码的比较来执行动作。
- [0409] 段落109:段落108的方法,其中执行动作包括使对等能力消息无效。
- [0410] 段落110:段落108的方法,其中执行动作包括使对等能力消息生效。
- [0411] 段落111:段落108的方法,其中执行动作包括:
- [0412] 确认对等能力消息;及
- [0413] 把EHF通信单元的配置引脚驱动至逻辑1状态和逻辑0状态之一。
- [0414] 段落112:一种第一装置,包括:
- [0415] 极高频(EHF)收发器;及
- [0416] 控制电路,耦合到EHF收发器,该控制电路操作为:
- [0417] 通过执行状态机来控制与第二装置的EHF通信链路的建立,其中所述状态机通过响应于满足多个条件当中的任何一个而过渡通过多个状态来跟踪第一装置的状态;及
- [0418] 基于第一装置的配置来选择性地执行能力消息的发送和接收到的能力消息的确认之一,其中,如果配置是发送器配置,则执行能力消息的发送,并且其中,如果配置是接收器配置,则执行接收到的能力消息的确认。
- [0419] 段落113:段落112的第一装置,其中,当能力消息的发送被选择时,控制电路操作为:
- [0420] 指示EHF收发器无接触地传送能力消息。
- [0421] 段落114:段落112的第一装置,还包括根据时钟循环操作的时钟,其中,当能力消息的发送被选择时,能力消息包括报头字段和多个消息字段,报头字段定义每个消息的开始,并且其中每个字段利用根据时钟被串行化的至少一个脉宽编码(PWC)符号编码,使得1

电平EHF信号和0电平EHF信号之一与每个时钟循环关联。

[0422] 段落115:段落114的第一装置,其中每个符号跨固定数量的时钟循环,以上升沿开始、以下降沿结束并且以0电平EHF信号终止。

[0423] 段落116:段落114的第一装置,还包括多个引脚,其中控制电路操作为:

[0424] 评估至少一个引脚上的状态,以确定数据传输模式;及

[0425] 利用识别数据传输模式的符号编码其中一个消息字段。

[0426] 段落117:段落114的第一装置,还包括存储数据的数据储存器,其中控制电路操作为:

[0427] 访问数据储存器,以获得数据;及

[0428] 利用对应于该数据的符号编码其中一个消息字段。

[0429] 段落118:段落114的第一装置,其中控制电路操作为:

[0430] 识别USB操作模式;及

[0431] 利用对应于识别出的USB操作模式的符号编码其中一个消息字段。

[0432] 段落119:段落114的第一装置,其中控制电路操作为:

[0433] 指示EHF收发器发送1电平EHF信号和0电平EHF信号当中选定的一个。

[0434] 段落120:段落114的第一装置,还包括至少一个控制引脚,其中控制电路操作为:

[0435] 对所述至少一个控制引脚监测指示满足条件之一的信号;及

[0436] 响应于监测到的信号而停止发送能力消息。

[0437] 段落121:段落112的第一装置,其中,当接收到的能力消息的确认被执行时,控制电路操作为:

[0438] 处理接收到的能力消息,其中接收到的能力消息包括报头字段和多个接收到的消息字段,报头字段定义消息的开始,并且接收到的消息字段定义对等EHF通信单元的参数;

[0439] 从第一EHF通信单元检索本地能力消息,该本地能力消息包括多个本地消息字段;及

[0440] 比较至少一个接收到的消息字段与等效的本地消息字段,以确认接收到的能力消息。

[0441] 段落122:段落121的第一装置,其中控制电路还操作为:

[0442] 确定是否确认接收到的消息;及

[0443] 当确定接收到的消息被确认时,指示第一EHF通信单元过渡到新状态。

[0444] 段落123:段落121的第一装置,还包括多个配置引脚,其中控制电路操作为:

[0445] 评估每个配置引脚上的状态,以确定本地数据传输模式;及

[0446] 确认本地数据传输模式是否与接收到的能力消息的数据传输模式工作。

[0447] 段落124:段落123的第一装置,其中控制电路操作为:

[0448] 当被确认它将与接收到的数据传输模式工作时,根据本地数据传输模式处理经由EHF收发器接收到的数据。

[0449] 段落125:段落121的第一装置,还包括多个控制引脚,其中控制电路操作为:

[0450] 响应于确定接收到的能力消息被确认而在至少一个控制引脚上断言信号。

[0451] 段落126:一种第一装置,包括:

[0452] 极高频(EHF)收发器;及

- [0453] 控制电路,耦合到第一EHF收发器,该控制电路操作为:
- [0454] 通过执行状态机来控制与第二装置的EHF通信链路的建立,其中所述状态机通过响应于满足多个条件当中的任何一个而过渡通过多个状态来跟踪第一装置的状态;及
- [0455] 基于第一装置的配置选择性地执行链路训练模式的发送和至少一个参数的校准之一,其中,如果配置是发送器配置,则执行链路训练模式的发送,并且其中,如果配置是接收器配置,则执行至少一个参数的校准。
- [0456] 段落127:段落126的装置,其中链路训练模式包括HIGH和LOW位的重复模式。
- [0457] 段落128:段落126的装置,还包括参照信号参数,其中,当链路训练模式的发送被执行时,控制电路操作为:
- [0458] 使链路训练模式的振幅基于该参照信号参数。
- [0459] 段落129:段落128的装置,其中参照信号参数是从带隙得出的参照电压电平。
- [0460] 段落130:段落126的装置,其中,当链路训练模式的发送被执行时,控制电路操作为:
- [0461] 选择性地把链路训练模式映射到用于逻辑1状态的全载波、用于逻辑0状态的部分载波以及用于空闲状态的无载波之一。
- [0462] 段落131:段落130的装置,其中部分载波是全载波的百分比。
- [0463] 段落132:段落126的装置,其中,当至少一个参数的校准被执行时,控制电路操作为:
- [0464] 处理经由EHF收发器接收的链路训练模式,其中接收到的链路训练模式包括逻辑1状态、逻辑0状态以及空闲状态,并且其中每个状态由不同的载波振幅表示;
- [0465] 在处理之后的链路训练模式中的不同载波振幅之间区分;及
- [0466] 关联每个状态与不同的载波振幅之一。
- [0467] 段落133:段落126的装置,其中,当至少一个参数的校准被执行时,控制电路操作为:
- [0468] 跟踪接收到的信号包络的振幅;及
- [0469] 把被跟踪的振幅校准到逻辑1状态、逻辑0状态以及空闲状态之一。
- [0470] 段落134:段落126的装置,其中,当至少一个参数的校准被执行时,控制电路操作为:
- [0471] 使用限幅器来采样接收到的EHF信号,其中限幅器基于时钟采样接收到的EHF信号;及
- [0472] 校准时钟的相位角,以优化接收到的EHF信号的采样。
- [0473] 段落135:一种利用极高频(EHF)通信单元发送保持存活信号的方法,EHF通信单元包括定时器和操作为发送保持存活信号的电路,该方法包括:
- [0474] 响应于EHF通信单元进入空闲状态而激活定时器,其中定时器操作为一个周期提供一次脉冲,以周期性地唤醒发送保持存活信号的电路;
- [0475] 响应于由定时器提供的脉冲而唤醒电路;
- [0476] 从电路发送保持存活信号;
- [0477] 切断电路;及
- [0478] 重复包括唤醒、发送和切断的序列。

- [0479] 段落136:段落135的方法,还包括:
- [0480] 监测在EHF通信单元的输入缓冲区上是否接收到任何数据;及
- [0481] 响应于确定已经监测到数据在输入缓冲区上被接收而过渡到数据传输状态。
- [0482] 段落137:段落136的方法,还包括:
- [0483] 响应于过渡到数据传输状态而给电路通电。
- [0484] 段落138:段落135的方法,还包括:
- [0485] 监测至少一个控制引脚,以确定是否执行状态改变过渡;
- [0486] 响应于确定执行状态改变过渡而过渡到信标/监听状态。
- [0487] 段落139:段落138的方法,其中监测包括监测其中一个控制引脚上的信号是否变成LOW。
- [0488] 段落140:段落138的方法,其中监测包括监测在其中一个控制引脚上是否存在活动持续了至少一个时间段。
- [0489] 段落141:段落135的方法,其中保持存活脉冲操作为防止对等的EHF通信单元从其空闲状态过渡离开,其中对等的EHF通信单元经由其EHF收发器接收保持存活脉冲。
- [0490] 段落142:一种用于使用第一极高频(EHF)通信单元的方法,该方法包括:
- [0491] 在建立与第二EHF通信单元的极高频(EHF)通信链路之后,使第一EHF通信单元进入省电操作状态,其中,当第一EHF通信单元操作在省电模式下时,该方法还包括:
- [0492] 循环地使EHF收发器电路通电和断电;
- [0493] 当EHF收发器电路开启时,监测是否有任何EHF信号经由EHF收发器电路被接收;及
- [0494] 确定接收到的EHF信号是否指示第一脉冲和第二脉冲之一,
- [0495] 其中,在确定接收到的EHF信号指示第一脉冲时,将第一EHF通信单元过渡到第一状态;及
- [0496] 其中,在确定接收到的EHF信号指示第二脉冲时,指示第一EHF通信单元继续操作在省电操作状态。
- [0497] 段落143:段落142的方法,其中第一状态是数据传输状态。
- [0498] 段落144:段落142的方法,其中指示第一EHF通信单元继续操作在省电操作状态包括:
- [0499] 复位超时定时器;及
- [0500] 循环地使EHF收发器断电。
- [0501] 段落145:段落142的方法,其中,当EHF收发器开启时没有接收到EHF信号时,该方法还包括:
- [0502] 确定超时定时器是否到期。
- [0503] 段落146:段落145的方法,还包括:
- [0504] 响应于确定超时定时器已经到期,将EHF通信单元过渡到第二状态。
- [0505] 段落147:段落146的方法,其中第二状态是信标/监听状态。
- [0506] 段落148:段落142的方法,其中第一脉冲包括超过第一脉冲串长度的逻辑1和0的脉冲串。
- [0507] 段落149:段落142的方法,其中第二脉冲包括落入固定范围脉冲串长度之内的逻辑1的脉冲串。

- [0508] 段落150:一种第一装置,包括:
- [0509] 极高频(EHF)收发器;及
- [0510] 控制电路,耦合到EHF收发器,该控制电路操作为:
- [0511] 通过执行状态机来控制与第二装置的EHF通信链路的建立,其中所述状态机通过响应于满足多个条件当中的任何一个而过渡通过多个状态来跟踪第一装置的状态;
- [0512] 建立与该装置的EHF通信链路,以选择性地启用数据的发送和接收之一;
- [0513] 在建立与该装置的EHF通信链路之后,监测经该EHF通信链路传送的数据的缺失;及
- [0514] 响应于监测到的经该EHF通信链路传送的数据的缺失而进入省电状态,直到状态机过渡到新状态为止。
- [0515] 段落151:段落150的第一装置,其中,当处于省电状态时,控制电路还操作为:
- [0516] 循环地使EHF收发器通电和断电;
- [0517] 当EHF收发器电路开启时,监测是否有任何EHF信号经由EHF收发器电路被接收;及
- [0518] 确定接收到的EHF信号是否指示第一脉冲和第二脉冲之一,
- [0519] 其中,在确定接收到的EHF信号指示第一脉冲时,将EHF通信单元过渡到第一状态;及
- [0520] 其中,在确定接收到的EHF信号指示第二脉冲时,指示EHF通信单元继续在省电操作状态下操作。
- [0521] 段落152:段落151的第一装置,其中第一状态是数据传输状态。
- [0522] 段落153:段落151的第一装置,其中,响应于确定接收到的EHF信号指示第二脉冲,控制电路操作为:
- [0523] 作为响应,复位超时定时器;及
- [0524] 循环地使EHF收发器断电。
- [0525] 段落154:段落151的第一装置,其中,当EHF收发器开启时没有接收到EHF信号时,控制电路操作为:
- [0526] 确定超时定时器是否到期;
- [0527] 响应于确定超时定时器已经到期而将装置过渡到第二状态。
- [0528] 段落155:段落154的第一装置,其中第二状态是信标/监听状态。
- [0529] 段落156:段落150的第一装置,其中,当处于省电状态时,控制电路还操作为:
- [0530] 激活定时器,其中定时器操作为一个周期提供一次脉冲,以周期性地唤醒EHF收发器;
- [0531] 响应于由定时器提供的脉冲而唤醒EHF收发器;
- [0532] 从EHF收发器发送保持存活信号;及
- [0533] 切断EHF收发器。
- [0534] 段落157:段落156的第一装置,其中控制电路还操作为:
- [0535] 监测是否有任何数据在EHF通信单元的输入缓冲区上被接收;及
- [0536] 响应于确定监测到数据在输入缓冲区上被接收而过渡到数据传输状态。
- [0537] 段落158:段落156的第一装置,其中,当处于省电状态时,控制电路还操作为:
- [0538] 监测至少一个控制引脚,以确定是否执行状态改变过渡;

- [0539] 响应于确定执行状态改变过渡而过渡到信标/监听状态。
- [0540] 段落159:段落156的第一装置,其中保持存活脉冲操作为防止其它装置过渡离开其省电状态,其中第二装置经由其EHF收发器接收保持存活脉冲。
- [0541] 段落160:一种第一无接触通信收发器单元(CCTU),用于建立与第二CCTU的无接触通信链路,第一CCTU包括:
- [0542] 换能器,用于选择性地发送和接收极高频(EHF)无接触信号;及
- [0543] 电路,操作为:
- [0544] 执行在无接触通信链路的建立期间跟踪第一CCTU的状态的第一CCTU状态机,其中状态机响应于满足多个条件当中的任何一个而过渡通过多个状态;
- [0545] 对于所述多个状态当中的至少一个,指示换能器在向第二CCTU发送EHF无接触信号和监测由第二CCTU发送的EHF
- [0546] 无接触信号之间交替,以确定是否满足条件之一。
- [0547] 段落161:段落160的第一CCTU,其中电路操作为:
- [0548] 发送EHF信号持续第一时间段;及
- [0549] 在第一时间段到期之后,监测来自第二CCTU的EHF响应信号持续第二时间段。
- [0550] 段落162:段落161的第一CCTU,其中EHF信号包括EHF信标发送信号。
- [0551] 段落163:段落161的第一CCTU,其中EHF信号包括链路训练信号。
- [0552] 段落164:段落161的第一CCTU,其中EHF信号包括能力消息信号。
- [0553] 段落165:段落161的第一CCTU,其中电路操作为:
- [0554] 在第二时间段期间接收EHF响应信号;及
- [0555] 确定接收到的EHF响应信号满足条件之一。
- [0556] 段落166:段落160的第一CCTU,其中电路操作为:
- [0557] 监测由第二CCTU发送的EHF信号持续第三时间段。
- [0558] 段落167:段落166的第一CCTU,其中被监测的EHF信号包括信标发送EHF信号。
- [0559] 段落168:段落166的第一CCTU,其中被监测的EHF信号包括链路训练EHF信号。
- [0560] 段落169:段落166的第一CCTU,其中被监测的EHF信号包括能力消息EHF信号。
- [0561] 段落170:段落166的第一CCTU,其中电路操作为:
- [0562] 在第三时间段期间接收EHF信号;
- [0563] 确认该EHF信号;及
- [0564] 在第三时间段到期之后,如果接收到的EHF信号被确认,则向第二CCTU发送EHF响应信号。
- [0565] 相信本文阐述的公开内容包含具有独立用途的多个独特发明。虽然这些发明当中的每一个已经以其优选形式被公开,但是如在本文公开和说明的其具体实施例不应当在限制的意义上被考虑,因为多种变体是可能的。每个例子定义在前面公开内容中公开的实施例,但是任何一个例子都不一定包含可以最终要求保护的所有特征或组合。在描述提到“一个”或“第一”元素或者其等同物的地方,这种描述包括一个或多个此类元素,既不要求也不排除两个或更多个此类元素。另外,用于被识别元素的序数指示符(诸如第一、第二或第三)被用来区分元素,并且不指示被要求或限制数量的此类元素,并且不指示此类元素的特定位置或次序,除非另外具体声明。

[0566] 虽然在阅读以上描述之后本发明的许多变更和修改将毫无疑问地对本领域普通技术人员变得显然,但是应当理解,作为说明示出并描述的特定实施例决不是要被认为是限制。因此,对优选实施例的细节的引用不是要限定其范围。

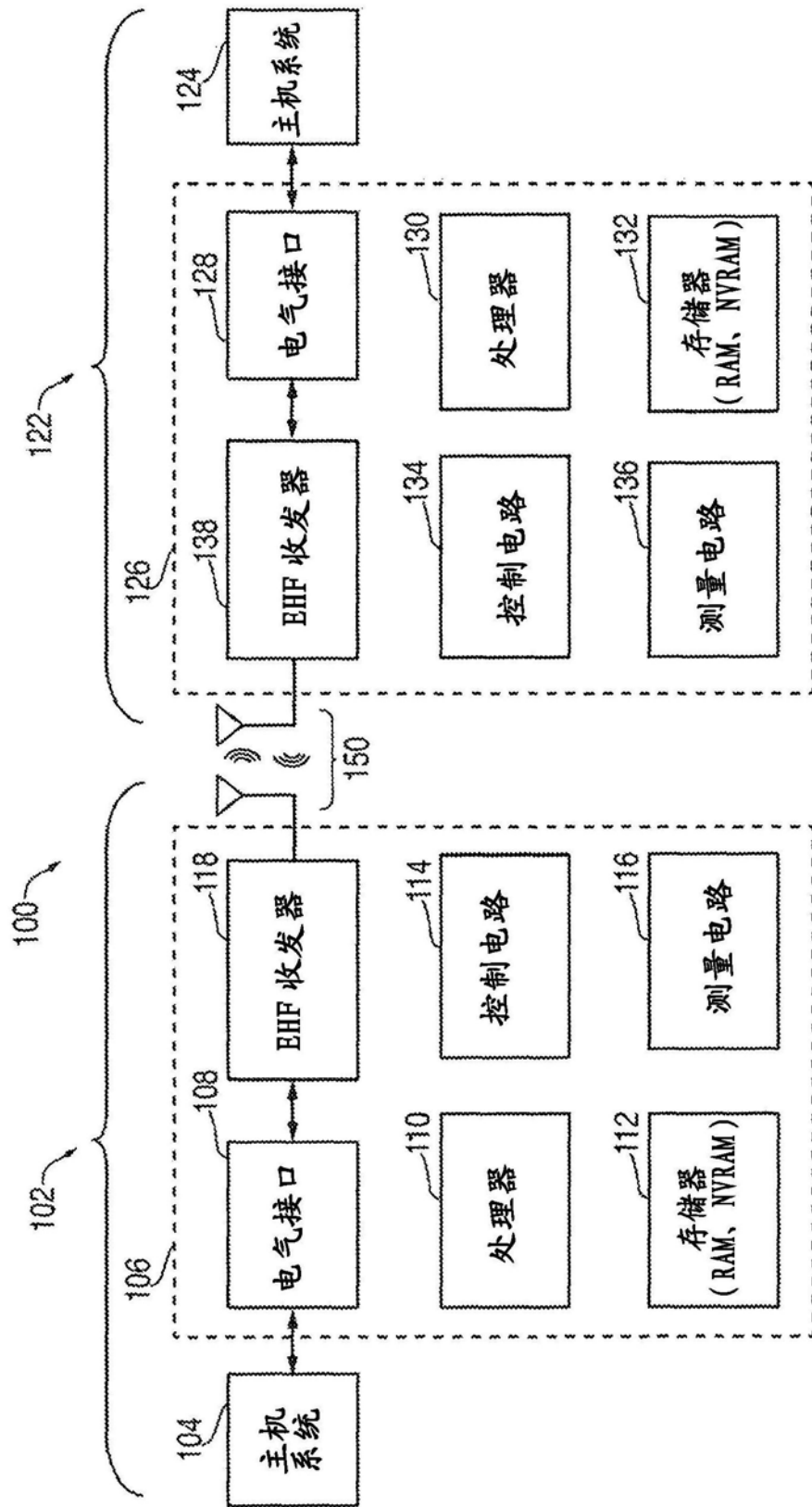


图1

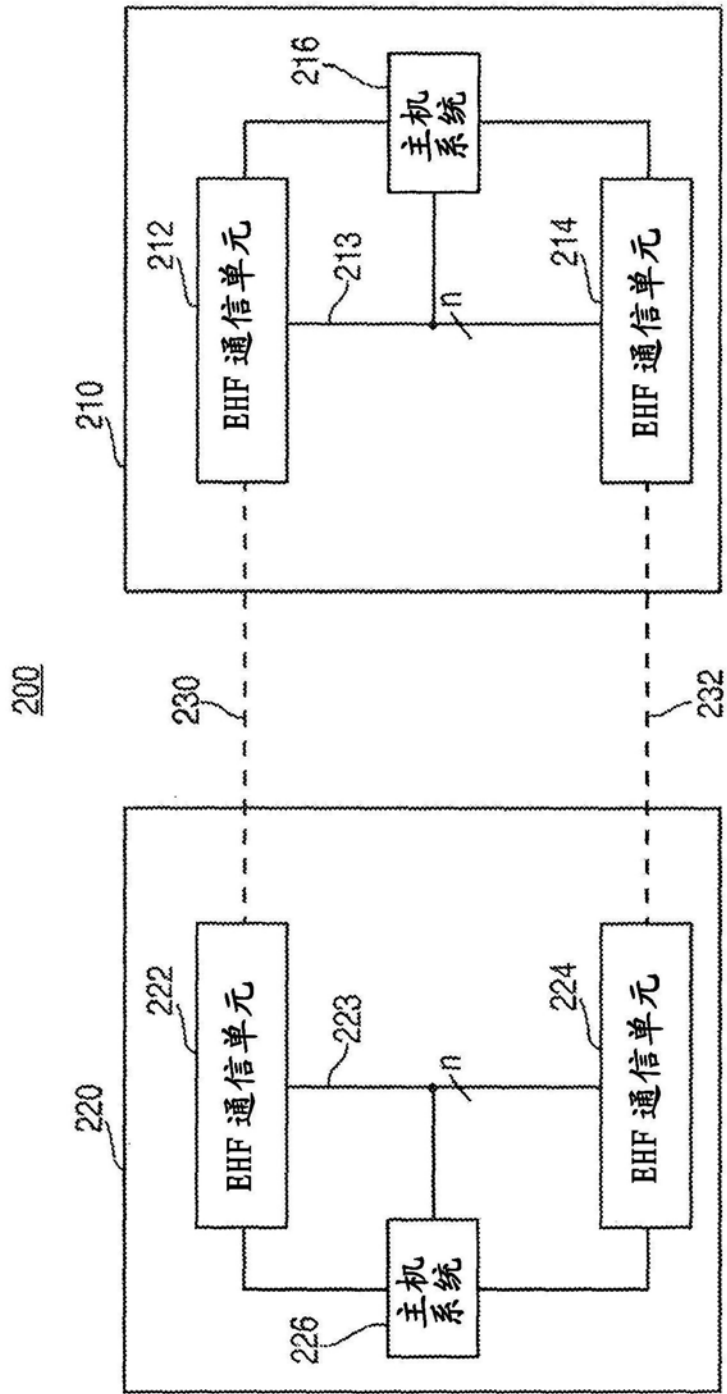


图2

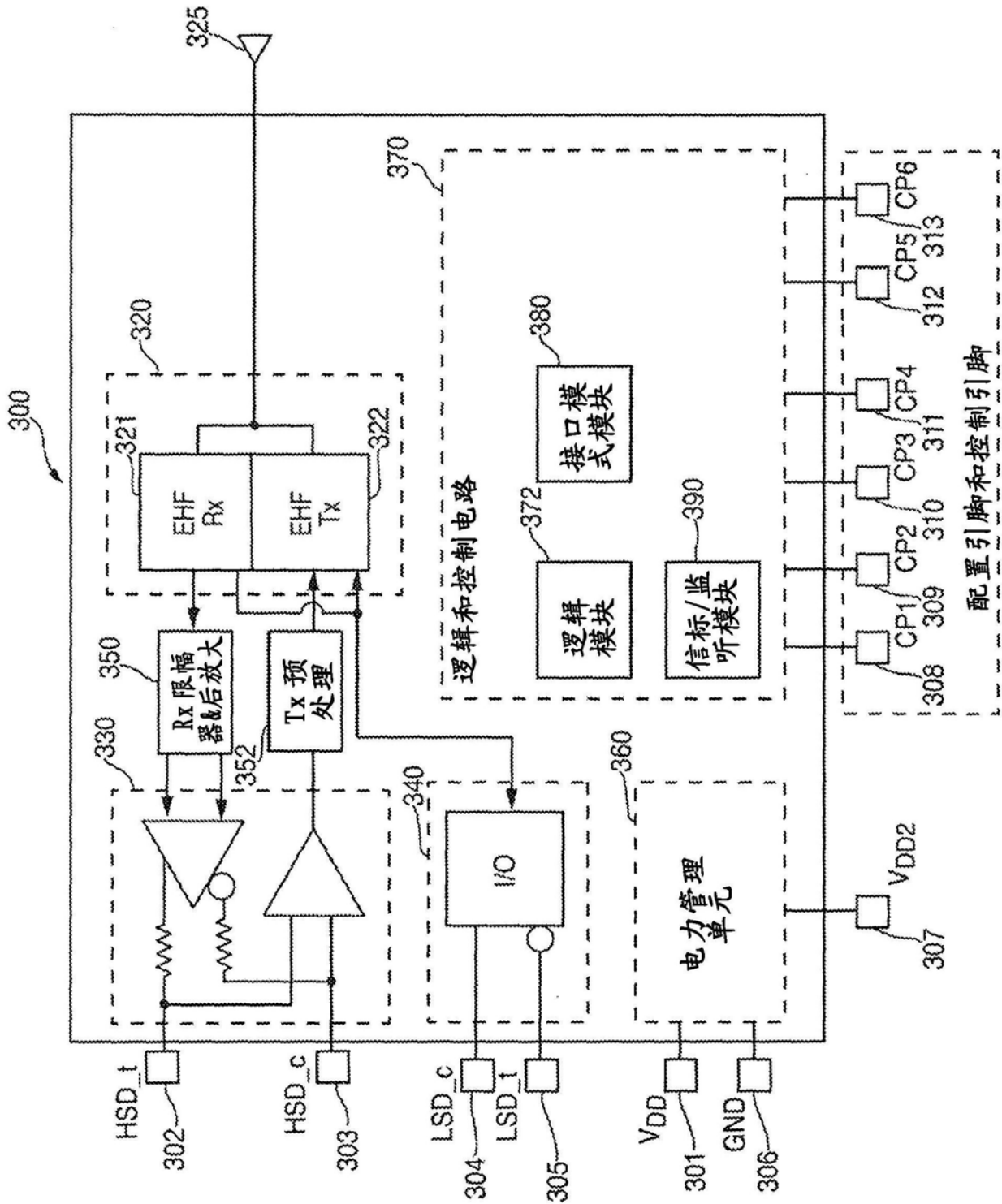


图3

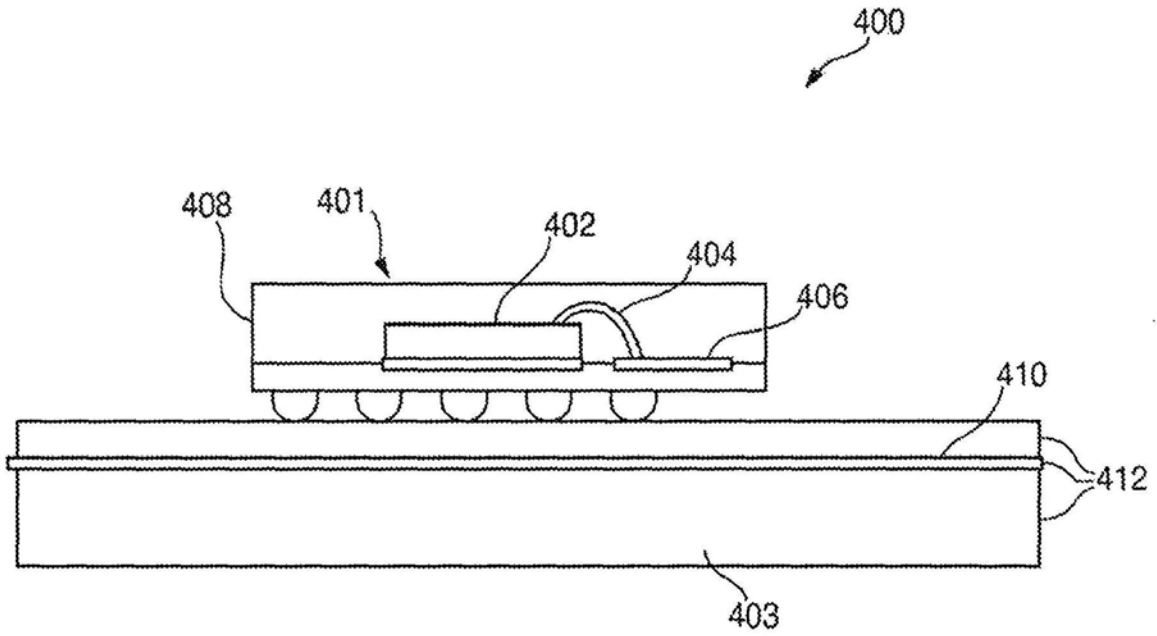


图4

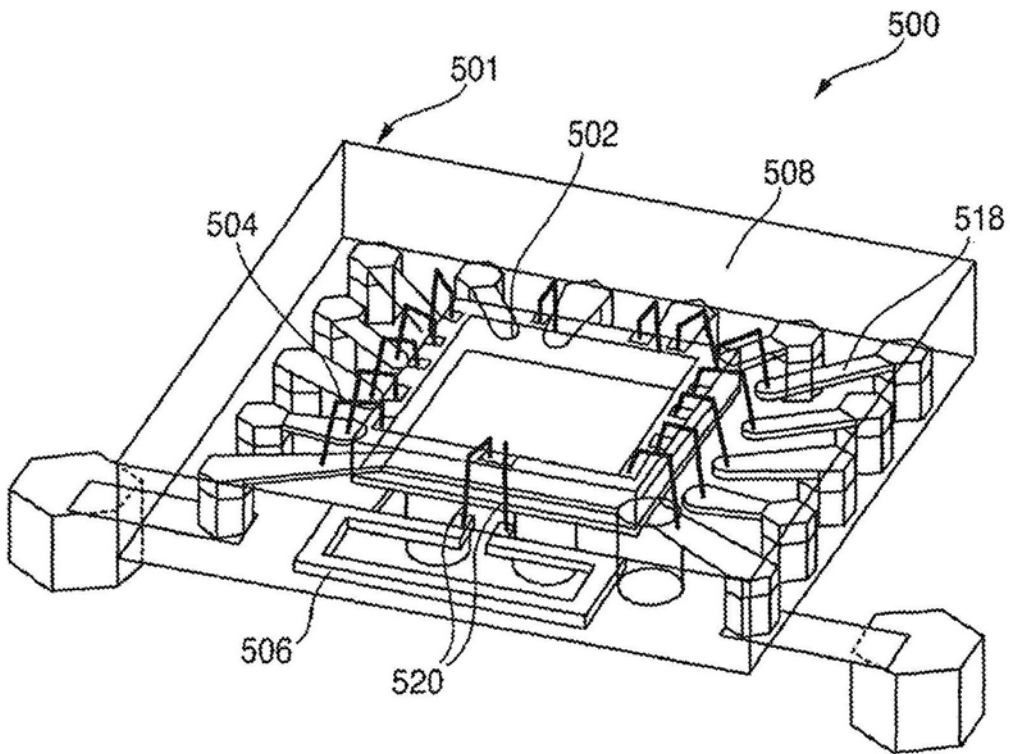


图5

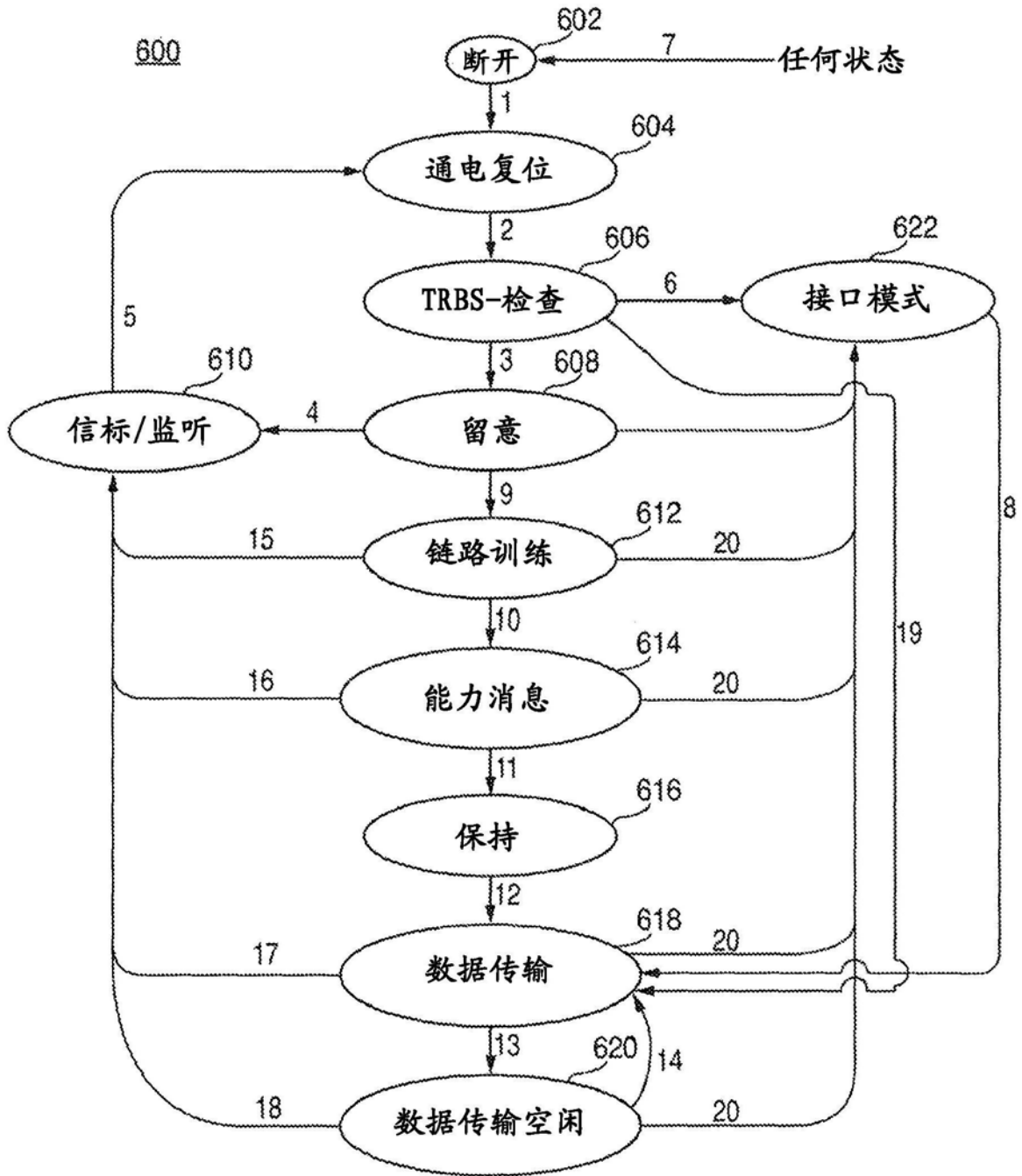


图6

| 过渡 | 从                                 | 到       | 条件   |
|----|-----------------------------------|---------|--|
| 1  | 断开                                | 通电复位    | 施加 VDD   |
| 2  | 通电复位                              | TRBS_检查 | 内部 VDD>阈值  |
| 3  | TRBS_检查                           | 留意      | CP4=0 或 1  |
| 4  | 留意                                | 信标/监听   | Rx: 信标! =接收到的;<br>Tx: 在时间段内没有 CP5 脉冲, 同时 CP6=1 或 CP6=0 |
| 5  | 信标/监听                             | 通电复位    | Rx: 唤醒脉冲;<br>Tx: CP5 脉冲且 CP6=1                         |
| 6  | TRBS_检查                           | 接口模式    | CP4=FLOAT  |
| 7  | 任何状态                              | 断开      | VDD 被去除  |
| 8  | 接口模式                              | 数据传输    | CP4=0 或 1  |
| 9  | 留意                                | 链路训练    | Rx: 信标=接收到的;<br>Tx: CP6=1 并且在时间段内有 CP5 脉冲              |
| 10 | 链路训练                              | 能力消息    | Rx: 链路=经过训练的;<br>Tx: CP5=上升                            |
| 11 | 能力消息                              | 保持      | Rx: 消息=有效;<br>Tx: CP5=上升                               |
| 12 | 保持                                | 数据传输    | Rx: 等待第三时间段;<br>Tx: 等待第四时间段;                           |
| 13 | 数据传输                              | 数据传输空闲  | Rx: 对于第五时间段没有 EHF 信号活动;<br>Tx: 对于第六时间段没有基带活动           |
| 14 | 数据传输空闲                            | 数据传输    | Rx: 接收到非空闲信号;<br>Tx: 基带活动                              |
| 15 | 链路训练                              | 信标/监听   | Rx: 链路训练=超时(变量);<br>Tx: CP5=超时(变量)或 CP6=0              |
| 16 | 能力消息                              | 信标/监听   | Rx: 有效消息=超时或 CP6=0;<br>Tx: CP5=超时或 CP6=0               |
| 17 | 数据传输                              | 信标/监听   | Tx: CP6=0  |
| 18 | 数据传输空闲                            | 信标/监听   | Rx: 对于第七时间段没有 EHF 信号活动;<br>Tx: 对于第八时间段 CP6=0 或 CP5=0   |
| 19 | TRBS_检查                           | 数据传输    | $\mu$ C 布线到 CP6 引脚和数据接口引脚                              |
| 20 | 留意; 链路训练; 能力消息; 保持; 数据传输; 或数据传输空闲 | 接口模式    | CP4=浮动   |

图7

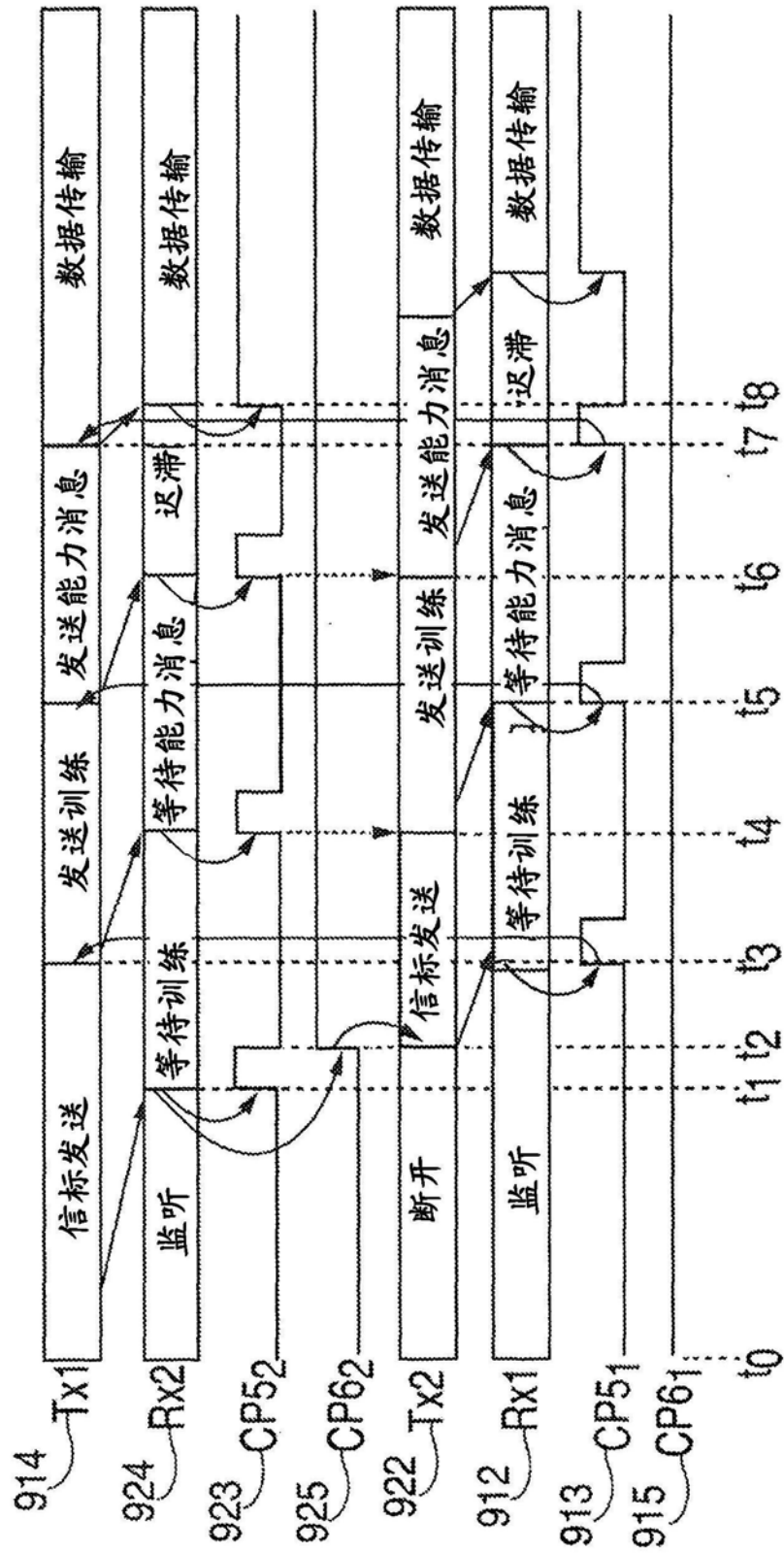


图8

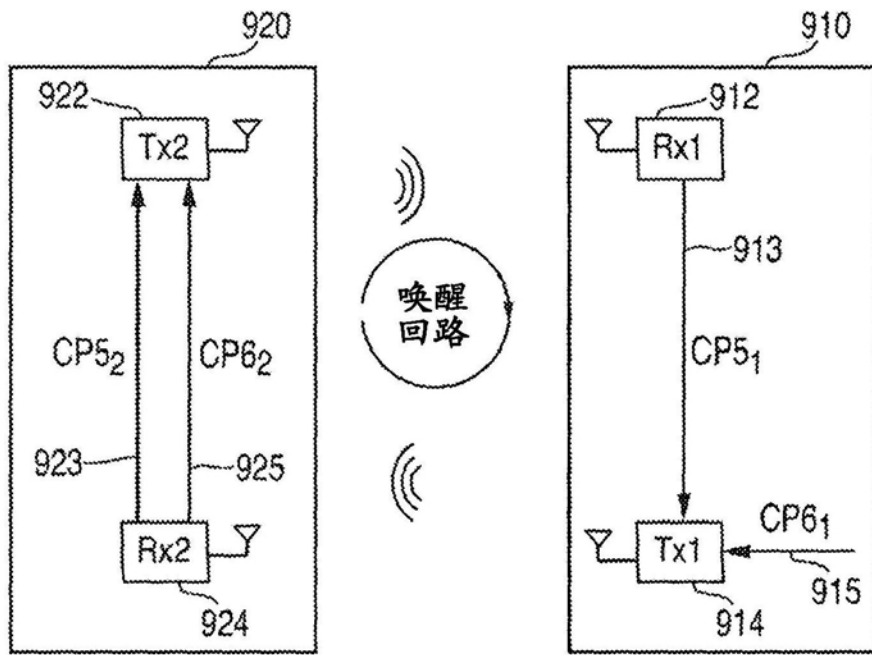


图9

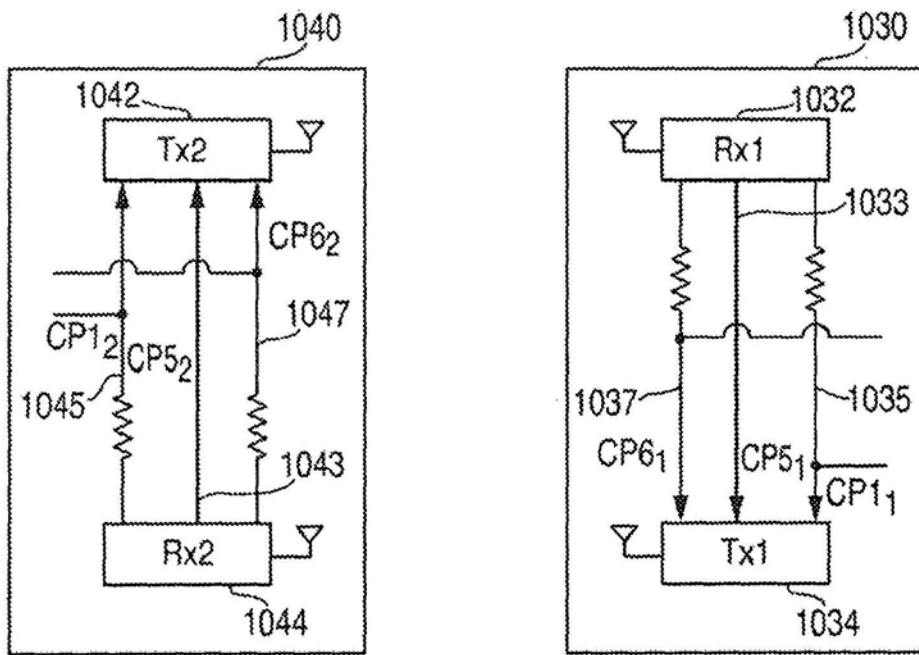


图10

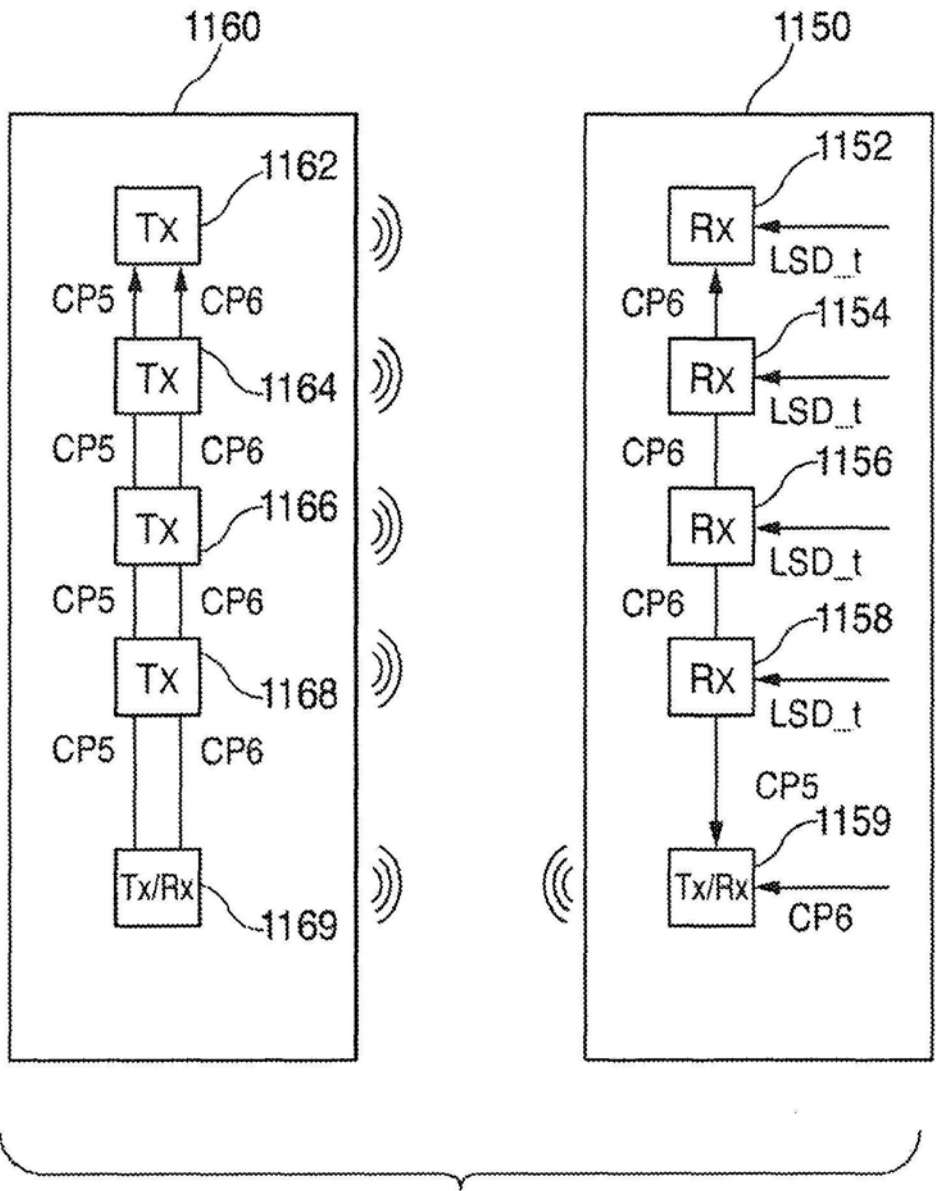


图11

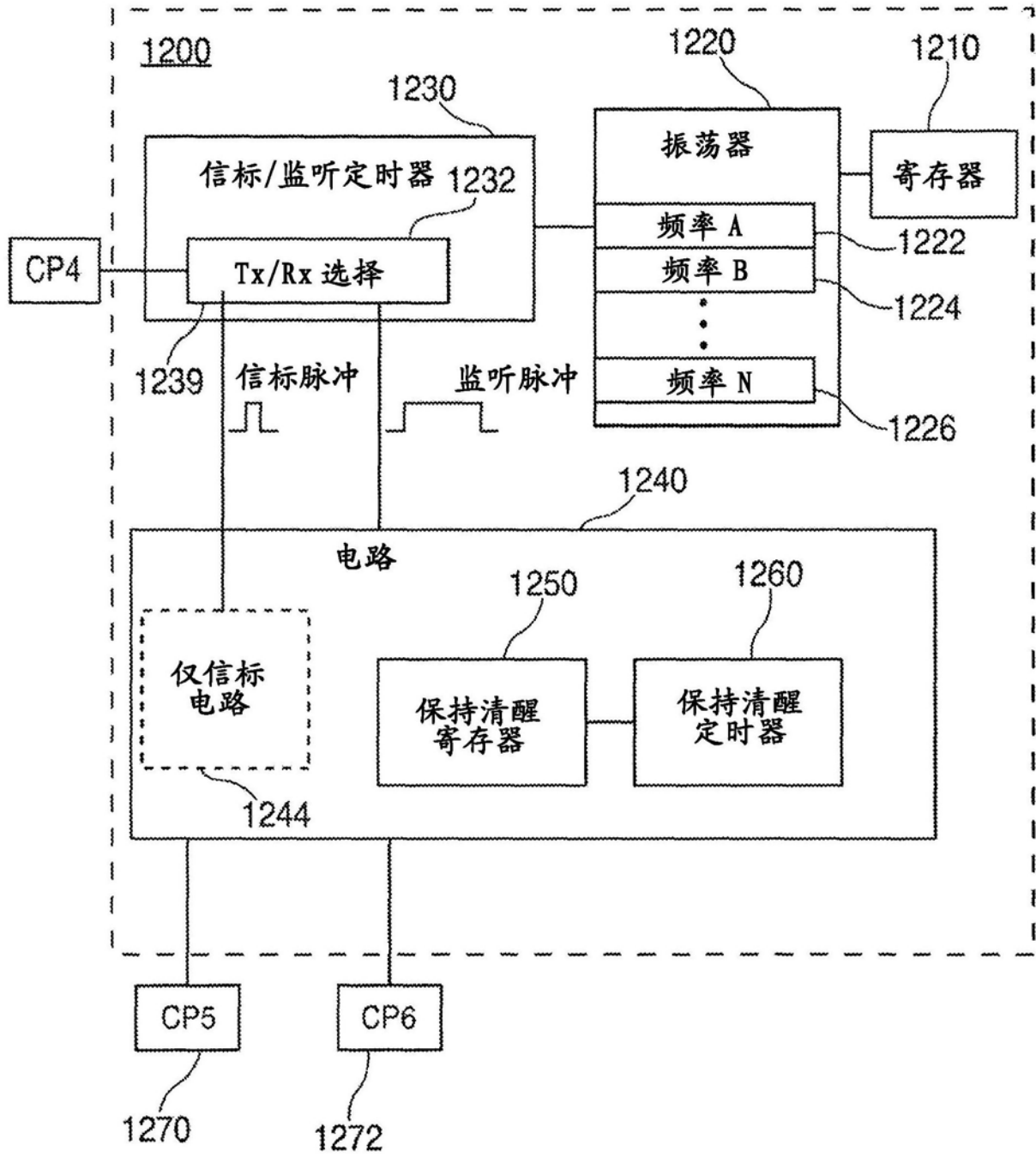


图12

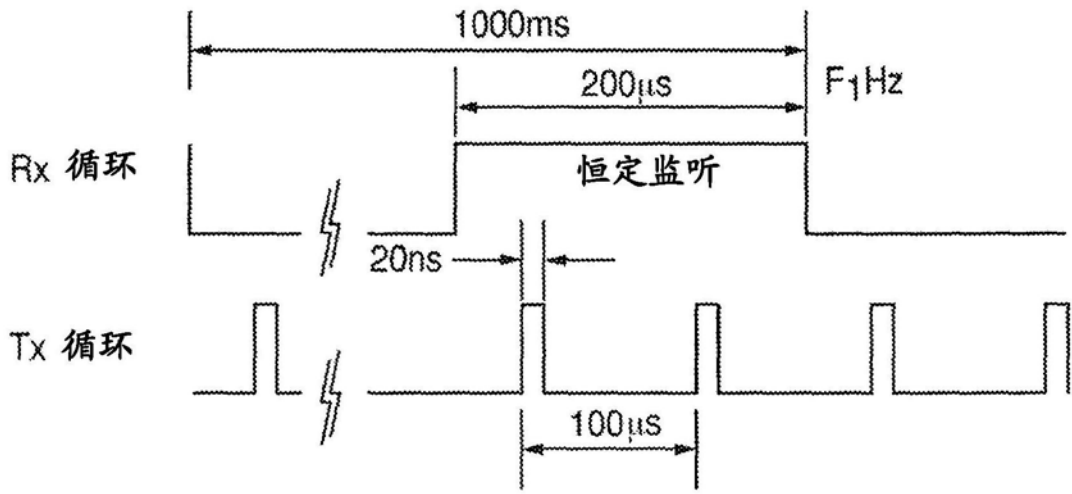


图13A

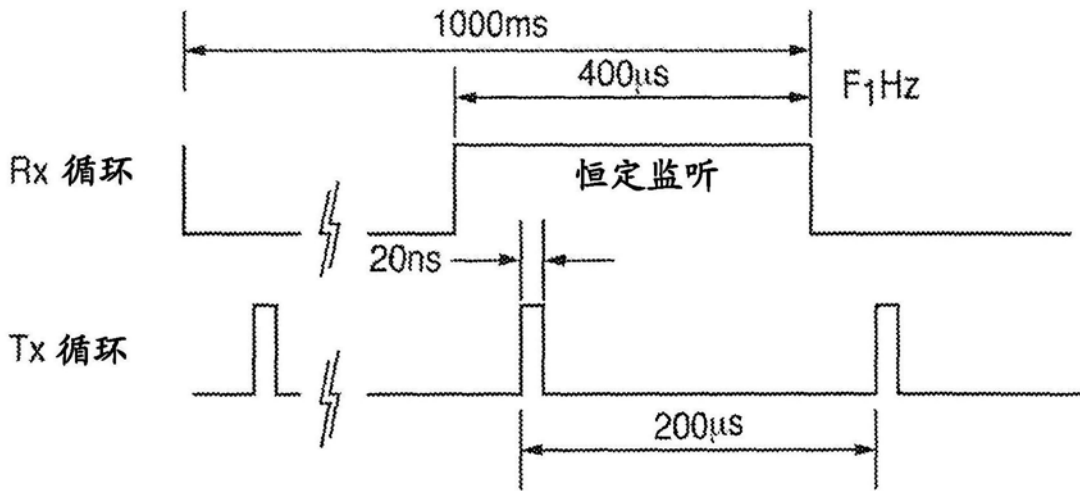


图13B

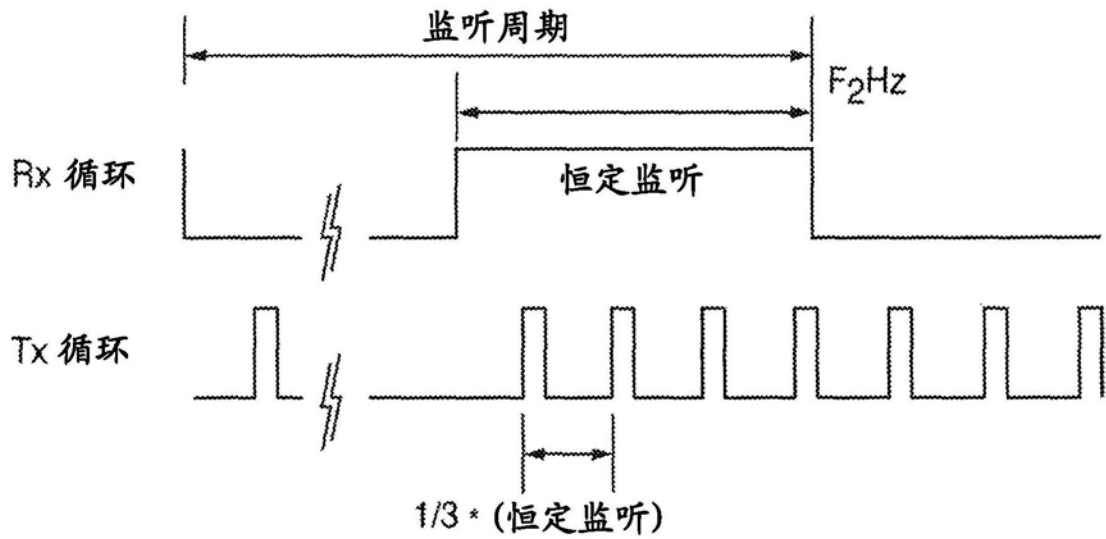


图13C

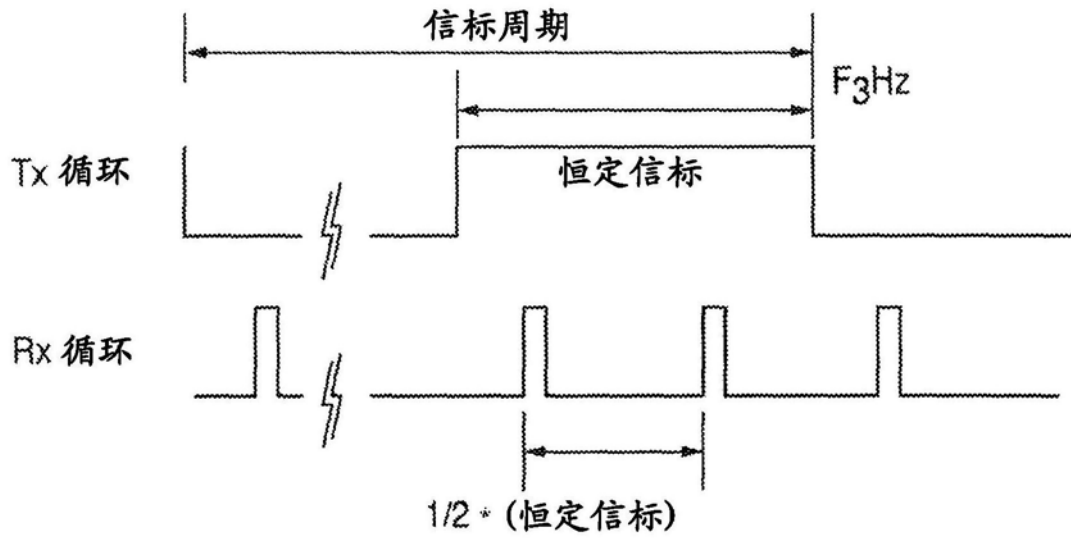


图13D

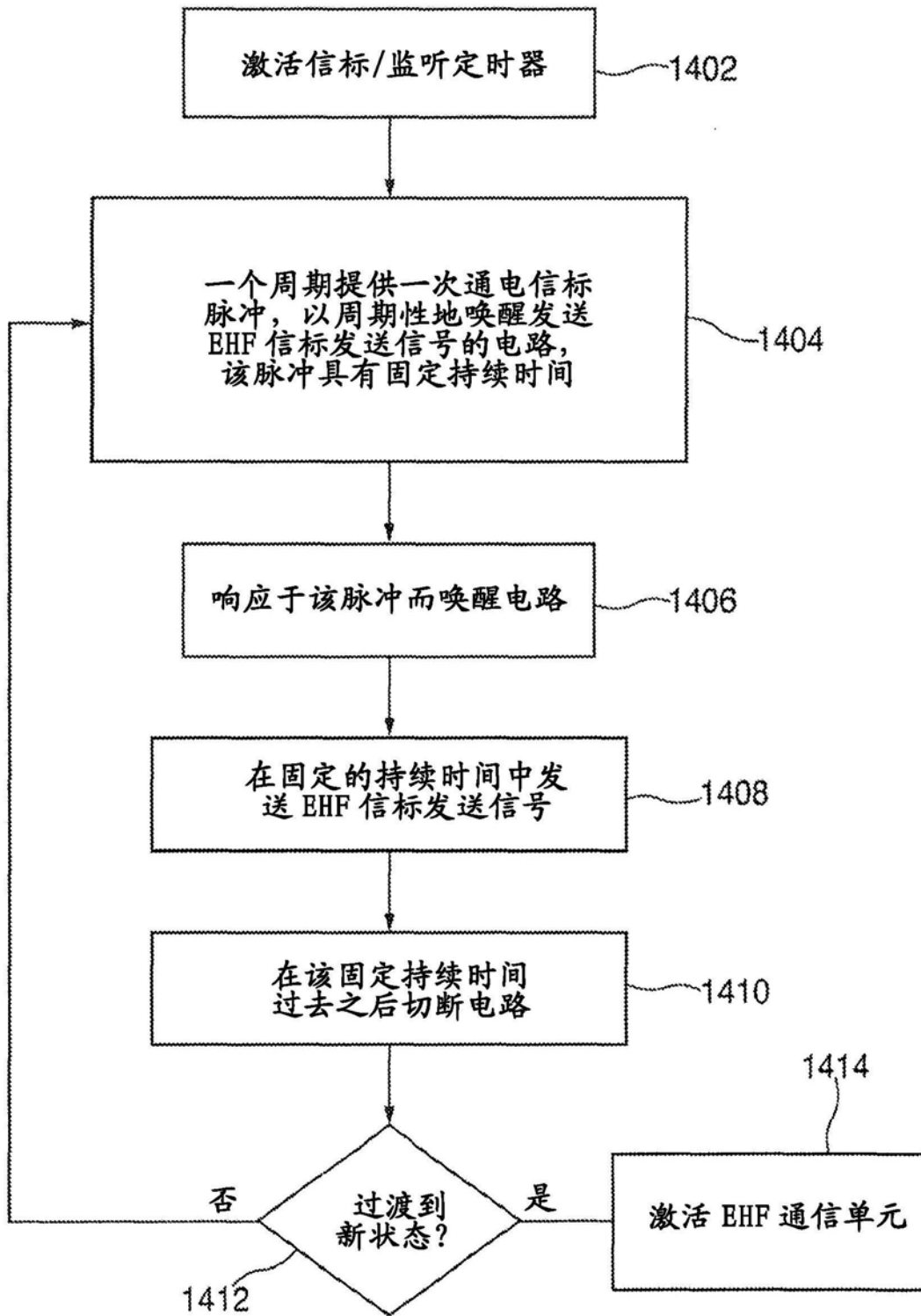


图14

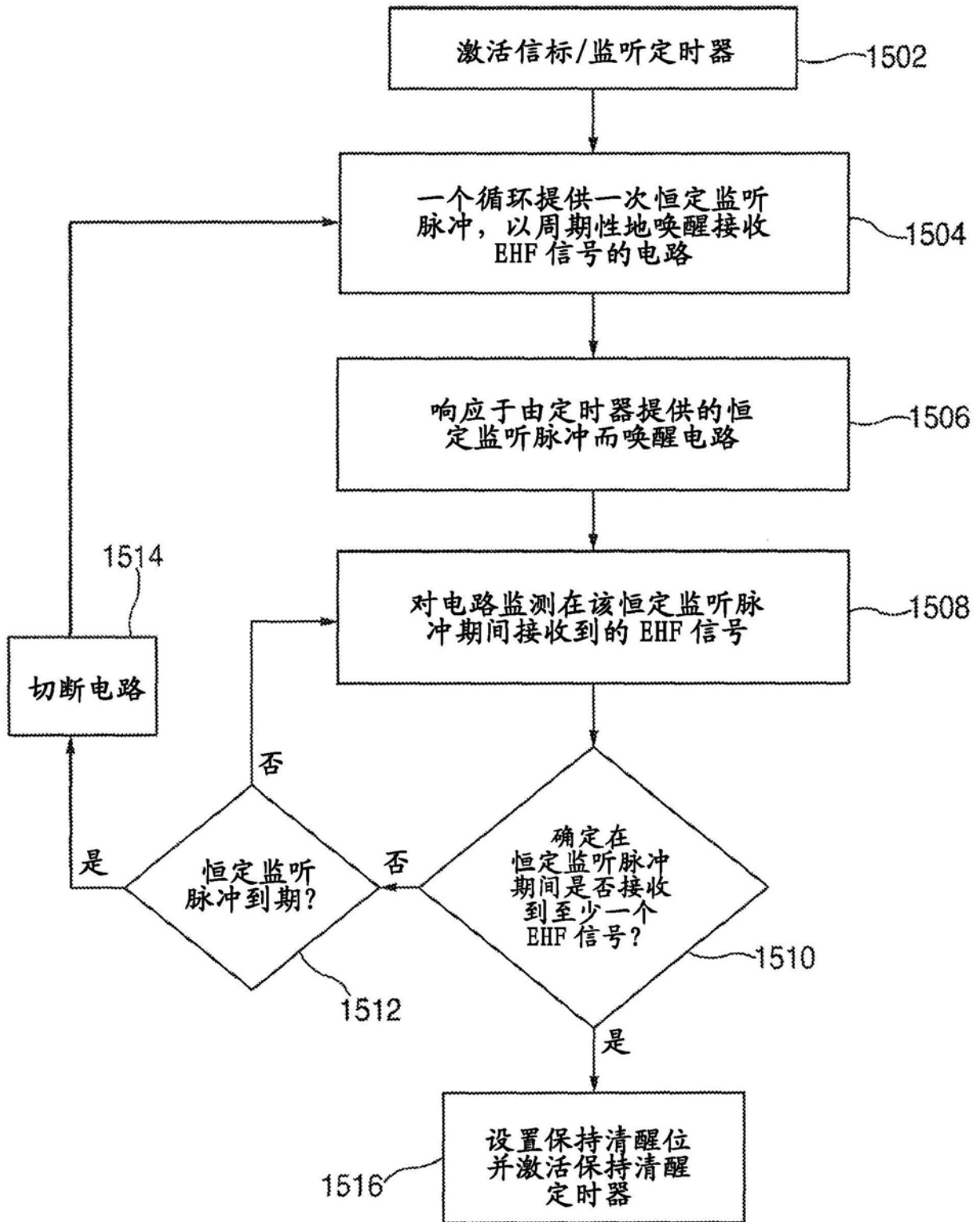


图15

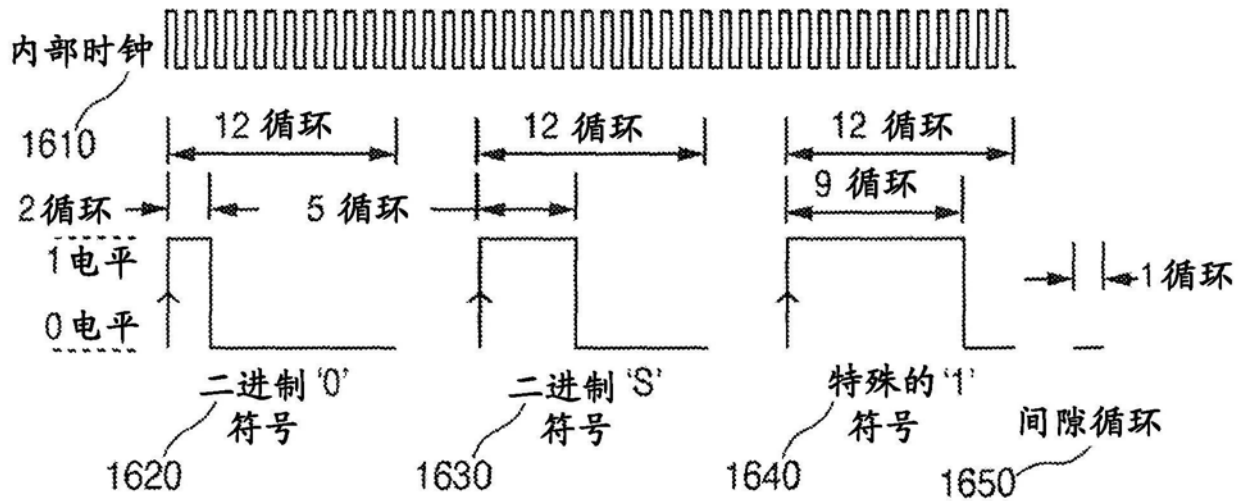


图16

|      |      |       |      |        |      |      |      |
|------|------|-------|------|--------|------|------|------|
| 1710 | 1720 | 1730  | 1731 | 1732   | 1733 | 1734 | 1735 |
| 报头   | 秘钥代码 | 厂商 ID | 操作模式 | USB 代码 | Tx 带 | 将来扩展 |      |
| SSSS | xb   | xb    | xb   | xb     | xb   | xb   | xb   |

图17

| ID 状态    | PIN 值@留意 | PIN 值@能力消息 | 能力消息 USB 功能 |
|----------|----------|------------|-------------|
| 仅主机      | 0        | X          | 00          |
| 仅设备      | 1        | X          | 01          |
| OTG (主机) | 浮动       | 0 或浮动      | 10          |
| OTG (设备) | 浮动       | 1          | 11          |

图20

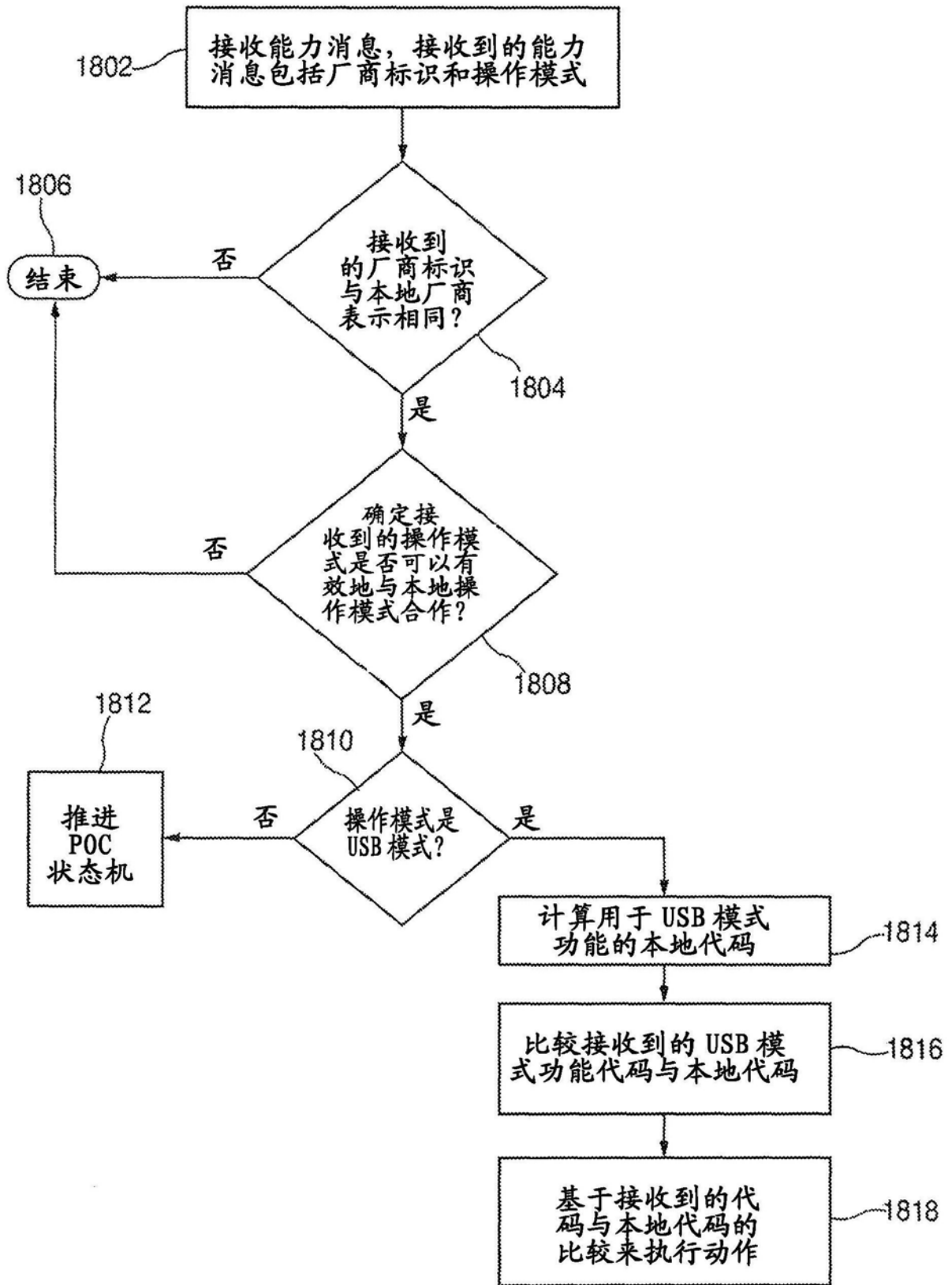


图18

| 接收到的操作模式    | 本地操作模式      | 结果 |
|-------------|-------------|----|
| USB3        | USB3        | 有效 |
| USB3        | USB2        | 无效 |
| USB3        | USB3/2 Auto | 有效 |
| USB2        | USB3        | 无效 |
| USB2        | USB2        | 有效 |
| USB2        | USB3/2 Auto | 有效 |
| USB3/2 Auto | USB3        | 有效 |
| USB3/2 Auto | USB2        | 有效 |
| USB3/2 Auto | USB3/2 Auto | 有效 |

图19

| 接收到的代码 | 本地代码 | 动作                      |
|--------|------|-------------------------|
| 00     | 00   | 无效; 退出能力消息状态            |
| 00     | 01   | 有效; 推进到下一状态             |
| 00     | 10   | 有效; 驱动配置引脚为“1”; 推进到下一状态 |
| 00     | 11   | 有效; 推进到下一状态             |
| 01     | 00   | 有效; 推进到下一状态             |
| 01     | 01   | 无效; 退出能力消息状态            |
| 01     | 10   | 有效; 驱动配置引脚为“0”; 推进到下一状态 |
| 01     | 11   | 有效; 驱动配置引脚为“0”; 推进到下一状态 |
| 10     | 00   | 有效; 推进到下一状态             |
| 10     | 01   | 有效; 推进到下一状态             |
| 10     | 10   | 有效; 驱动配置引脚为“1”; 推进到下一状态 |
| 10     | 11   | 有效; 推进到下一状态             |
| 11     | 00   | 有效; 推进到下一状态             |
| 11     | 01   | 有效; 推进到下一状态             |
| 11     | 10   | 有效; 驱动配置引脚为“0”; 推进到下一状态 |
| 11     | 11   | 无效; 退出能力消息状态            |

图21

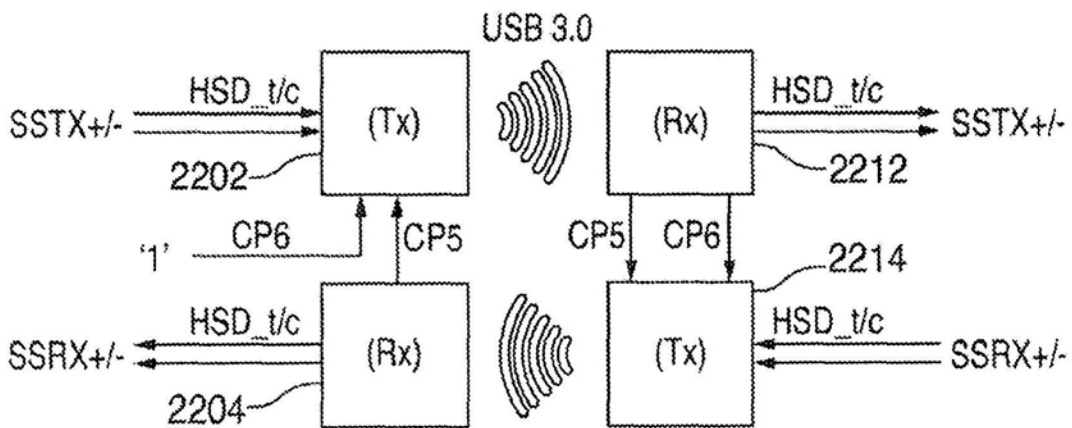


图22A

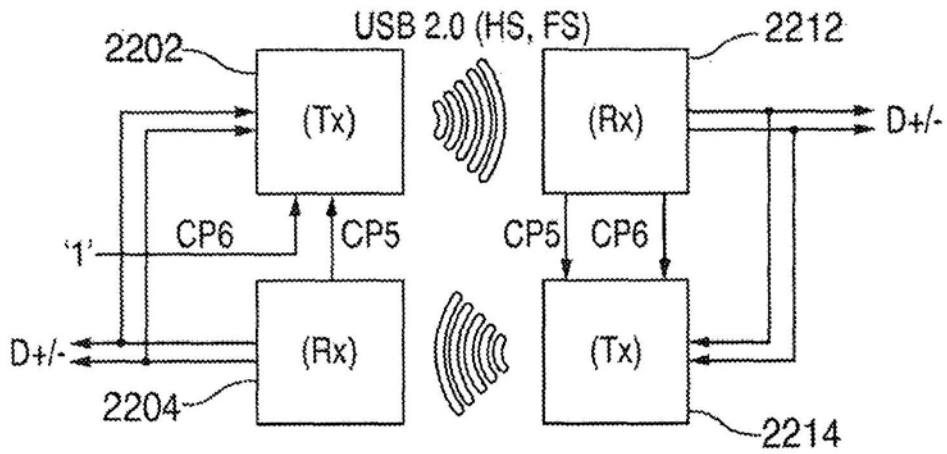


图22B

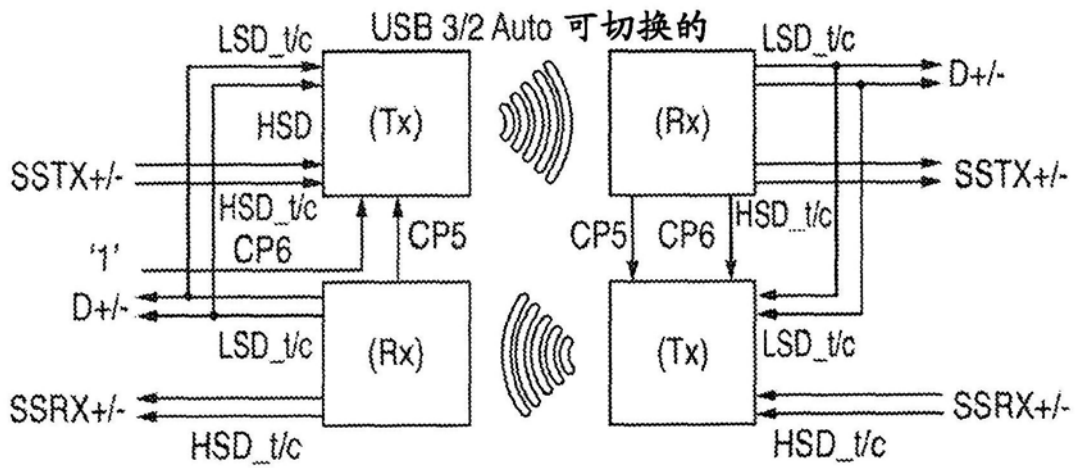


图22C

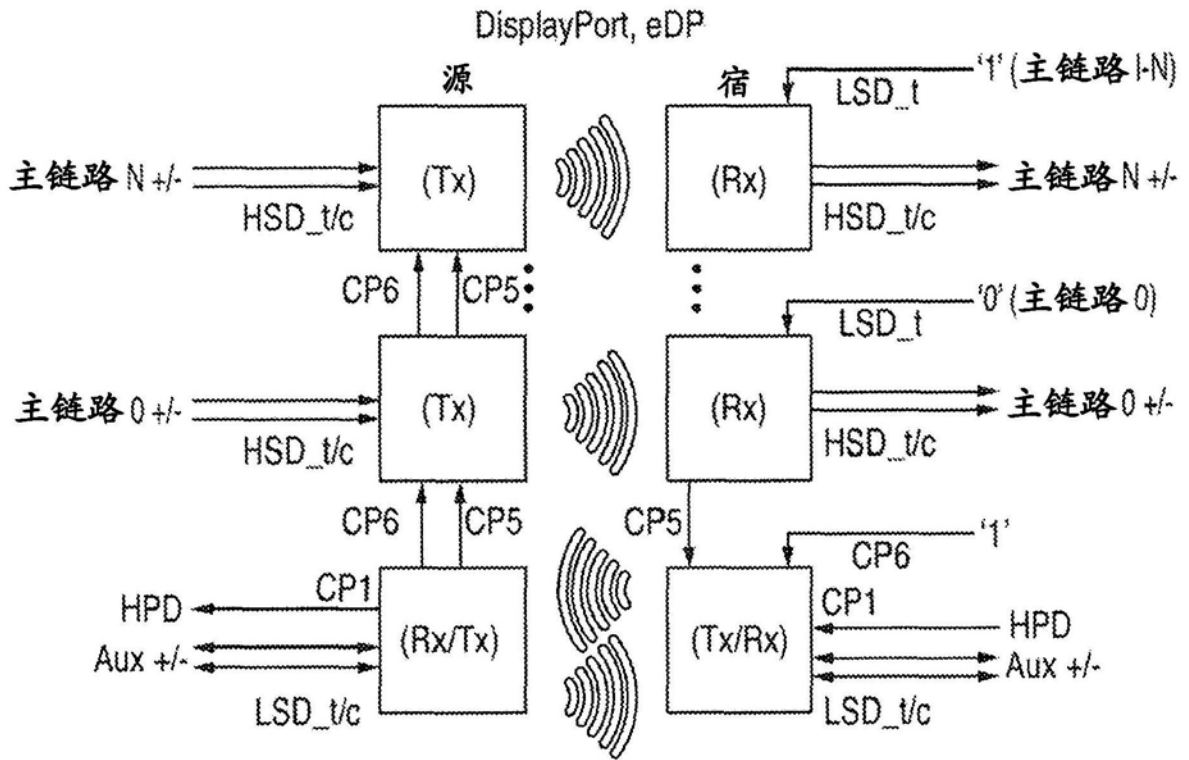


图23A

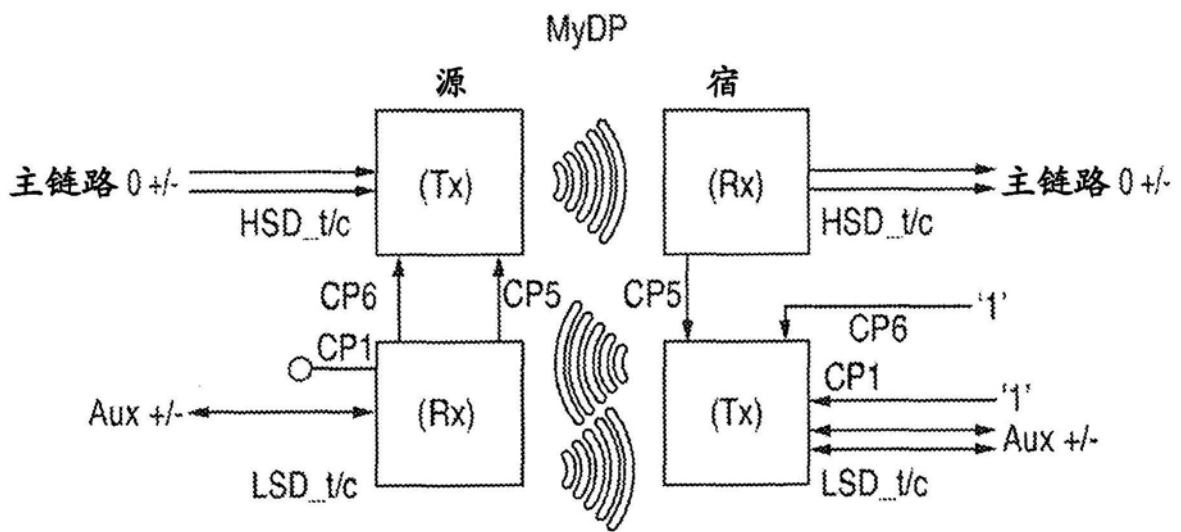


图23B

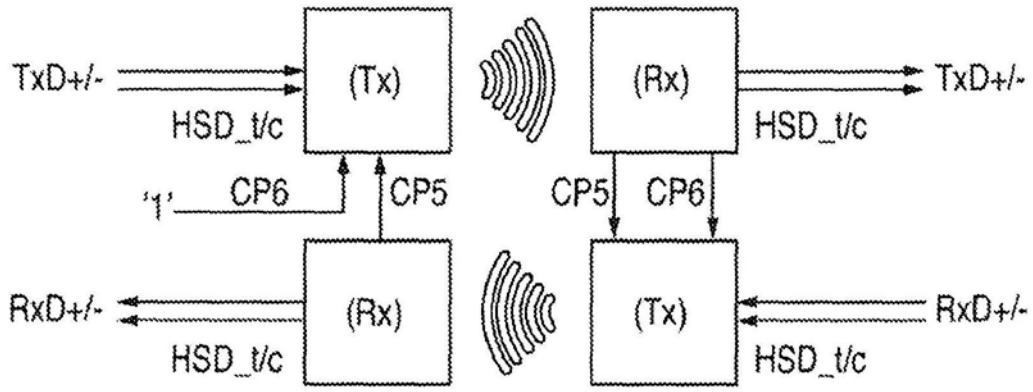


图24

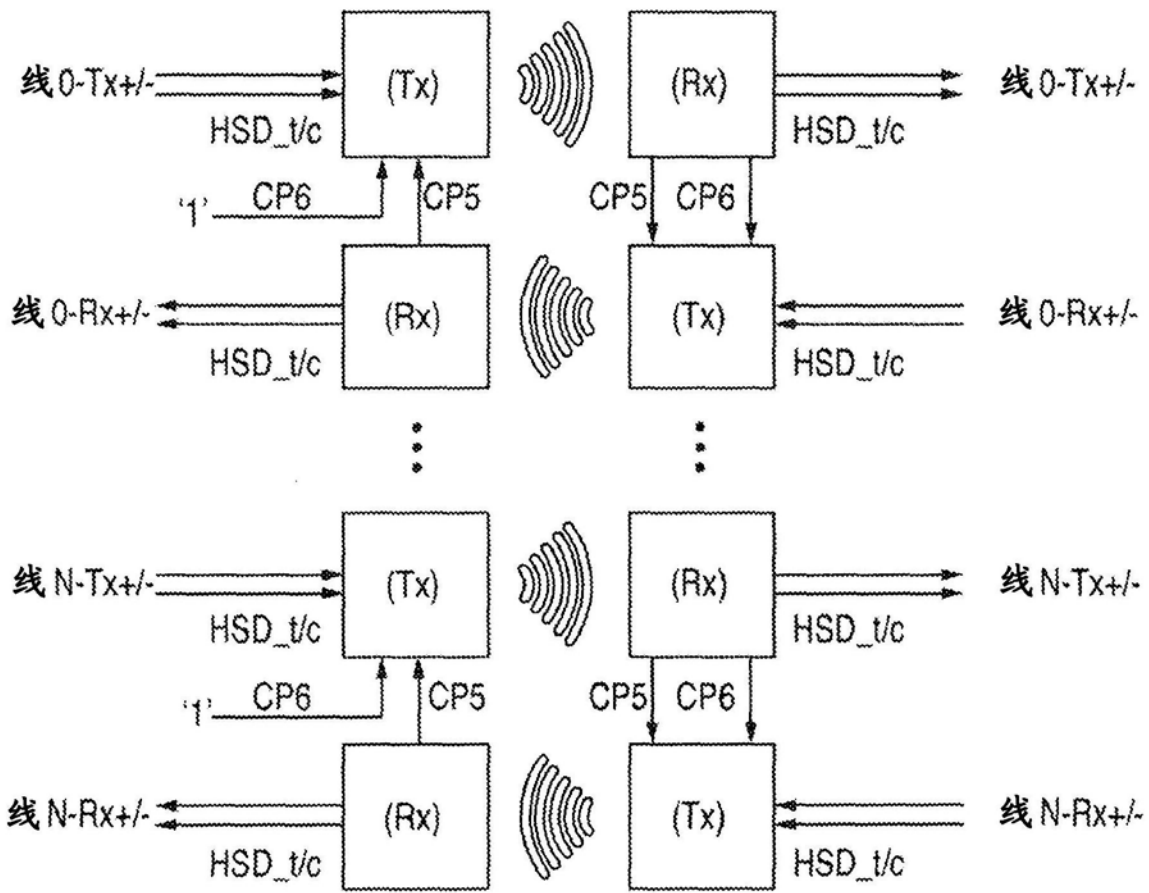


图25

千兆位以太网

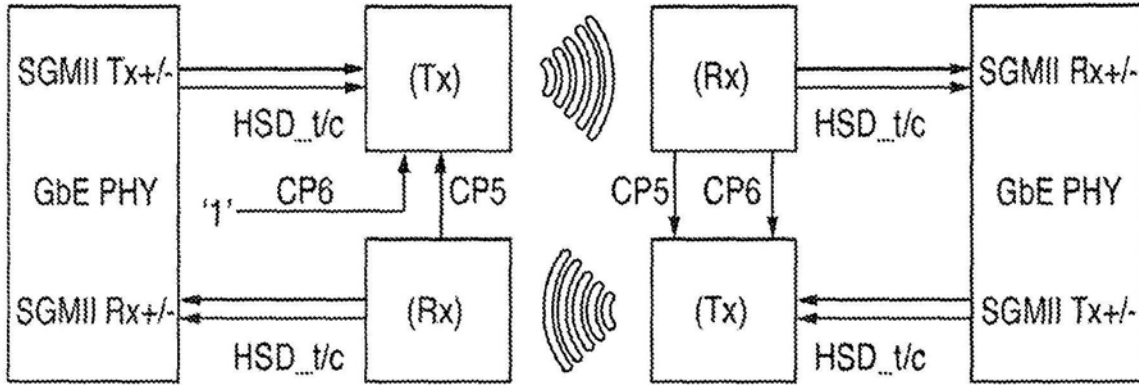


图26

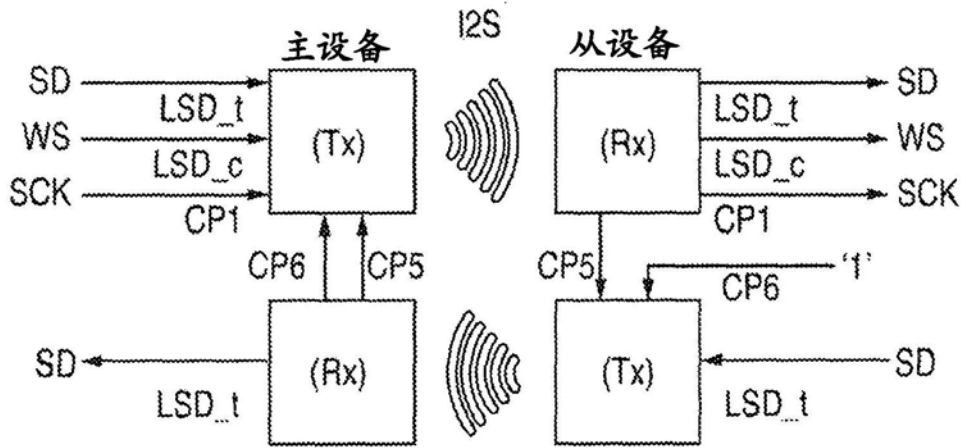


图27

GPIO 模式双向

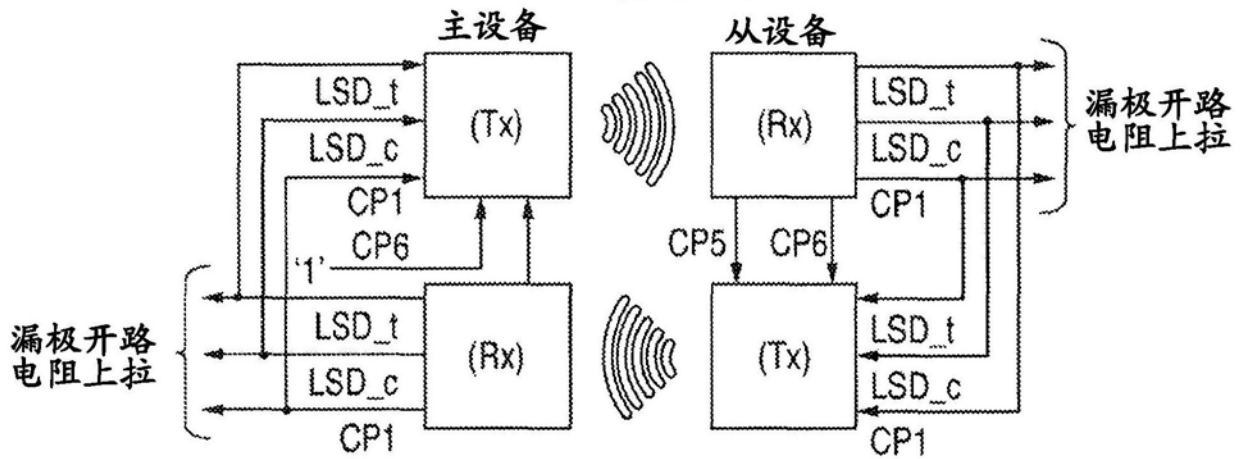


图28A

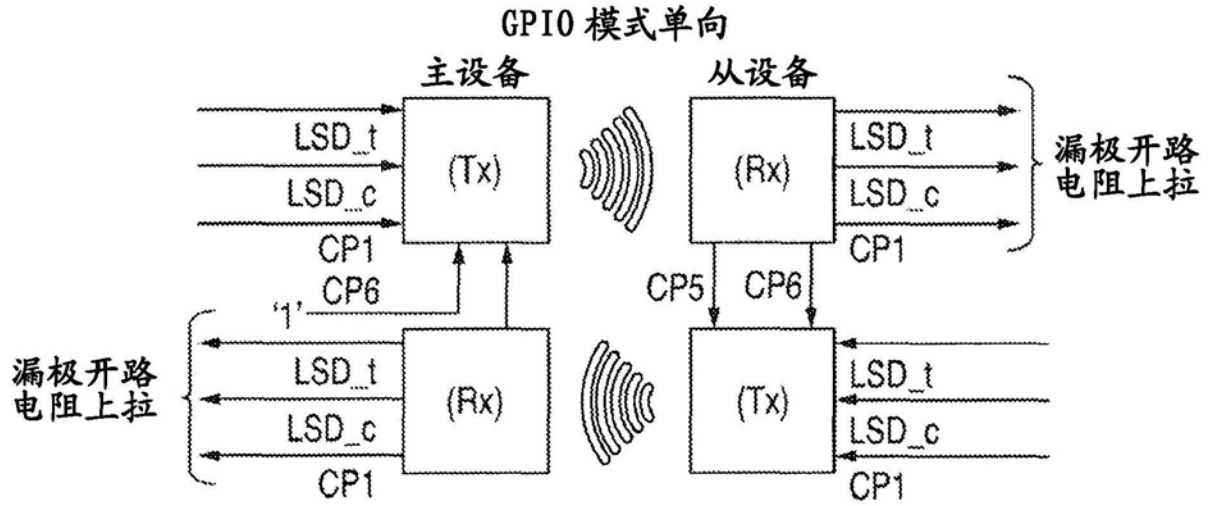


图28B

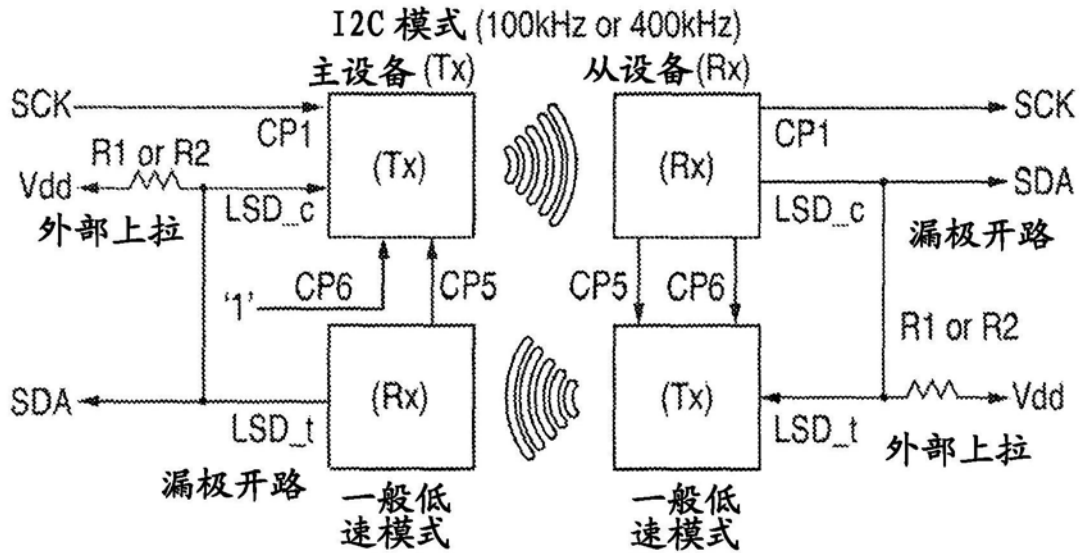


图28C

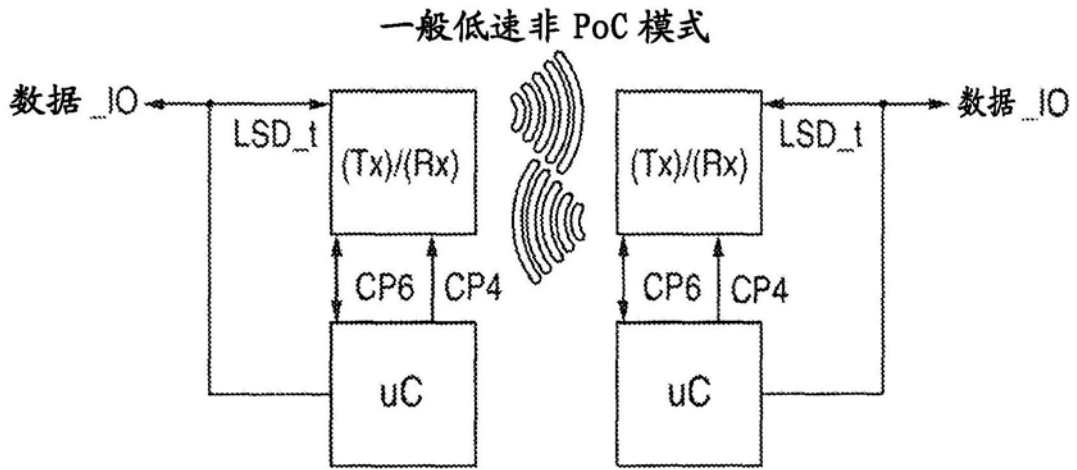


图29

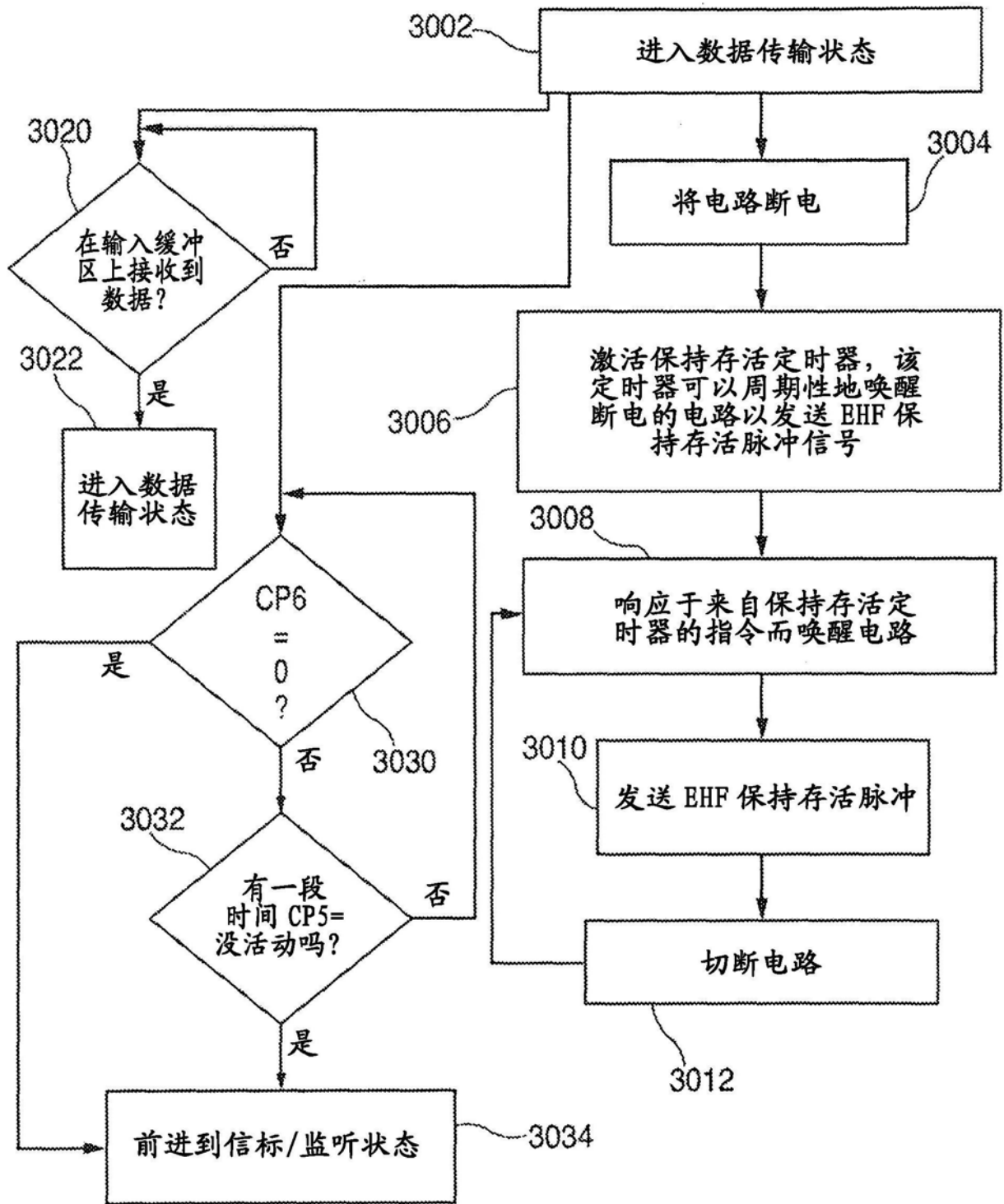


图30

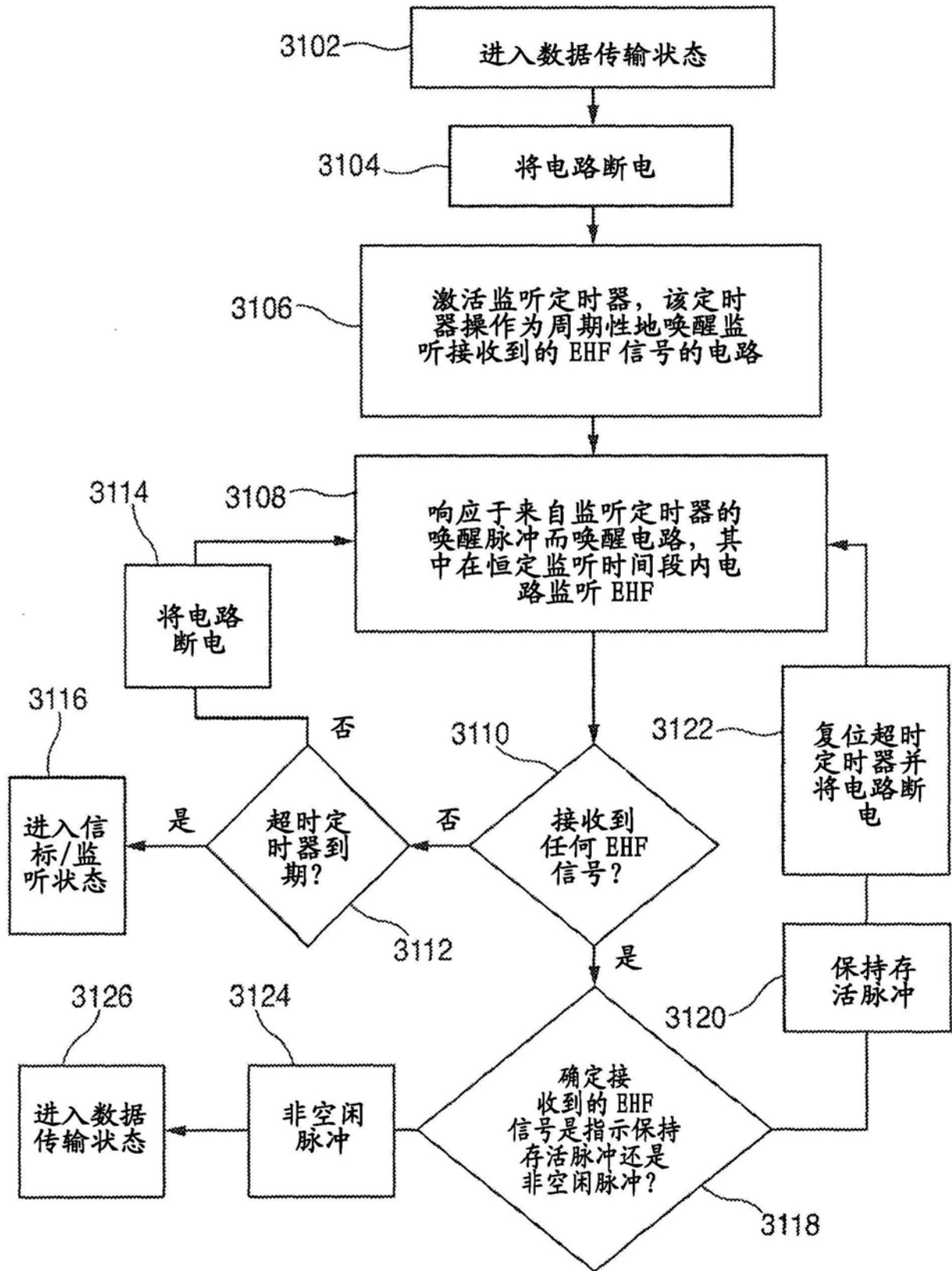


图31

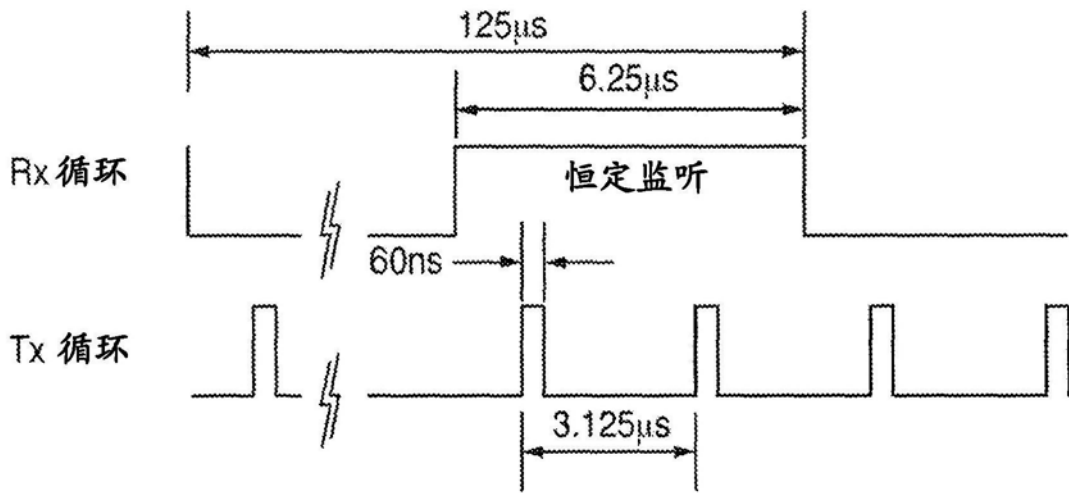


图32

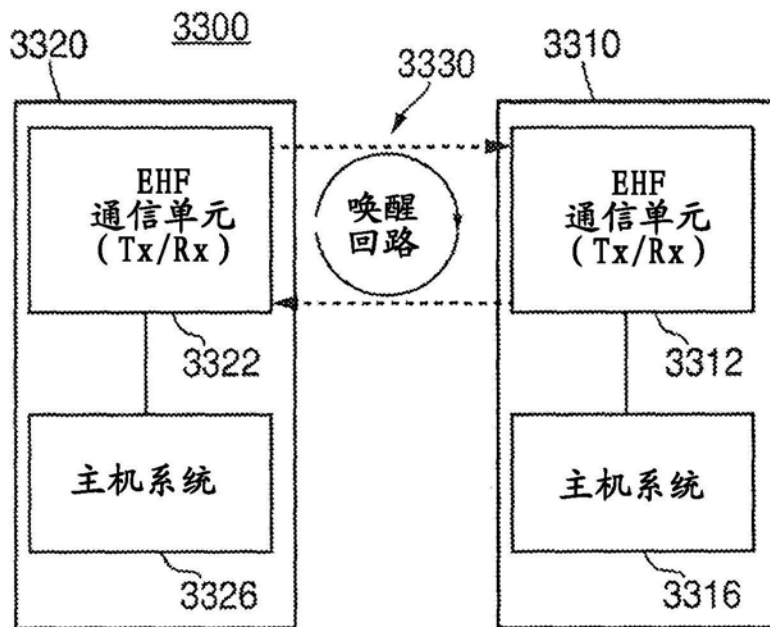


图33

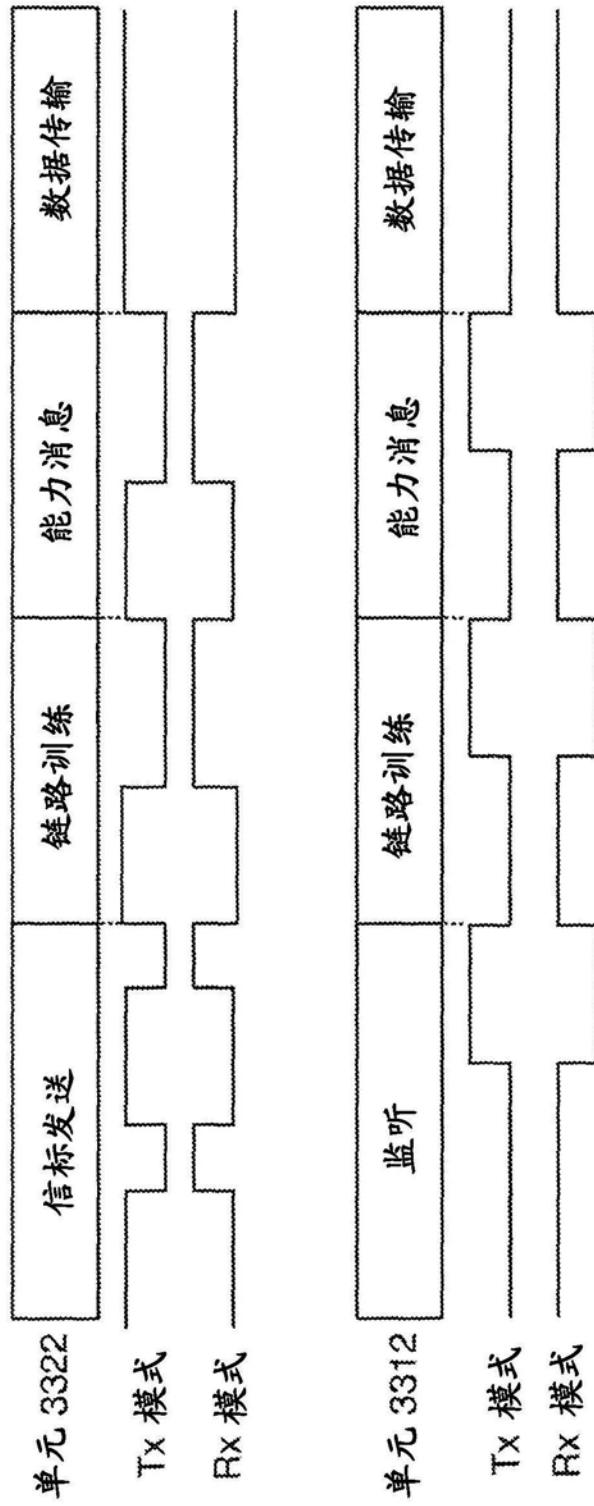


图34

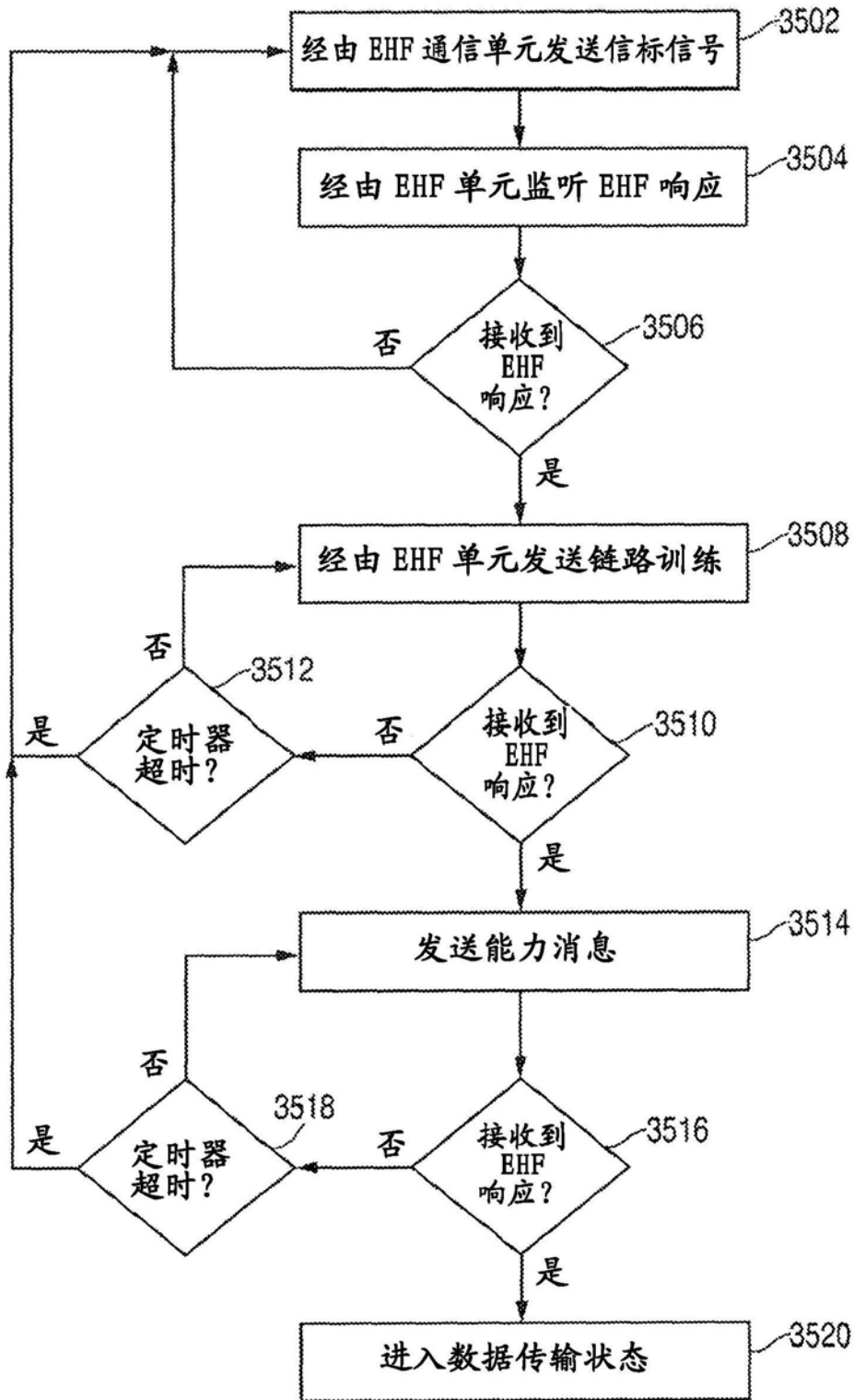


图35

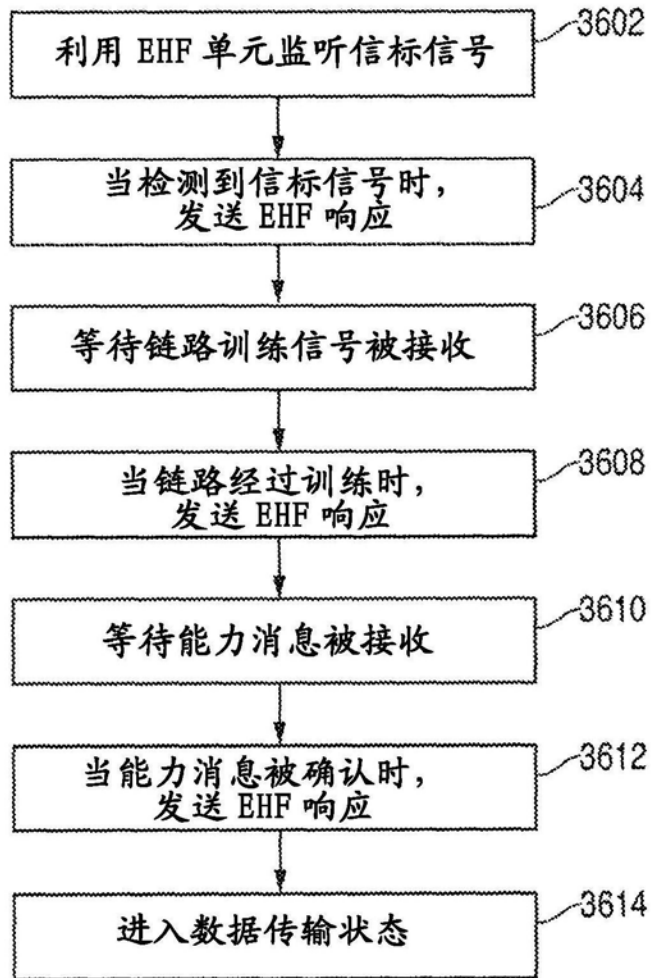


图36