



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106416159 B

(45)授权公告日 2020.03.03

(21)申请号 201580004629.6

V·拉达克里西南 C·李

(22)申请日 2015.01.13

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106416159 A

代理人 杨丽

(43)申请公布日 2017.02.15

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

H04L 25/02(2006.01)

14/156,329 2014.01.15 US

H04L 25/49(2006.01)

G01R 31/28(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.07.14

(56)对比文件

WO 2010056346 A2,2010.05.20,说明书第8-22页以及附图8、10.

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/011142 2015.01.13

WO 2010056346 A2,2010.05.20,说明书第8-22页以及附图8、10.

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/108847 EN 2015.07.23

US 2014003543 A1,2014.01.02,说明书第0024-0080段以及附图1-9.

(73)专利权人 高通股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

US 2013241759 A1,2013.09.19,全文.

(72)发明人 X·李 R·米达

审查员 王勇

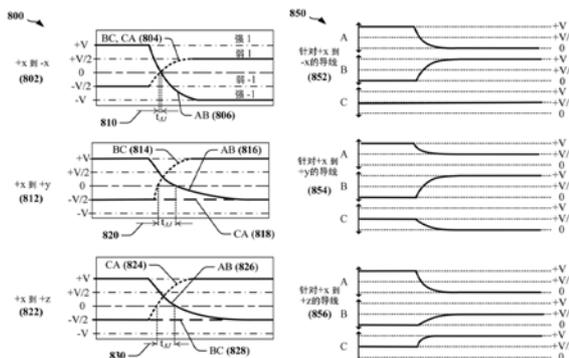
权利要求书5页 说明书15页 附图11页

(54)发明名称

用于仿真数字系统的装置和方法

(57)摘要

描述了对多线、多相通信链路中的模拟行为进行建模的系统、方法和装置。生成表示通信链路中的物理连接的数字信号以及表征在该物理连接上传送的三相信号的虚拟信号。该虚拟信号可以被配置成对该物理连接的一个或多个模拟特性进行建模。这些模拟特性可包括定义该三相信号的电压状态。该物理连接的模拟特性包括对应于该三相信号的信令状态的至少三个电压状态。



1. 一种用于仿真数字系统的装置,包括:

至少一个处理电路,配置成对在通信链路中的物理连接上传送的信号建模,其中对所述信号建模包括:

生成表示在所述物理连接上传送的所述信号的逻辑状态的数字信号,以及

生成表示所述物理连接的一个或多个模拟特性的虚拟信号,所述模拟特性包括至少三个有效电压状态,每一电压状态对应于关联于所述物理连接的电压电平;以及

通过所述虚拟信号在所述物理连接的至少三个操作模式之间进行选择来表征在所述物理连接上传送的所述信号,其中当非活跃操作模式被选择时所述物理连接处于高阻抗状态或未定义状态,

其中所述通信链路携带具有至少三个相位的信号。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,至少三个有效电压状态是针对所述信号定义的。

3. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述至少三个有效电压状态之一是未驱动状态,其中当所述通信链路处于活跃操作模式时,所述通信链路中的仅一个物理连接处于所述未驱动状态。

4. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述虚拟信号包括在所述物理连接的一个或多个操作模式之间进行选择的位。

5. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述通信链路包括三个物理连接,当活跃操作模式被选择时,每一物理连接传达所述至少三个相位的不同相位,并且其中在所述非活跃操作模式中,所述三个物理连接中的每一者处于所述高阻抗状态。

6. 如权利要求4所述的装置,其特征在于,所述一个或多个操作模式包括高速模式和低速模式。

7. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述数字信号包括在第一电压状态与第二电压状态之间进行选择的第一二进制位。

8. 如权利要求7所述的装置,其特征在于,所述第二电压状态的电压电平由所述虚拟信号选择。

9. 如权利要求7所述的装置,其特征在于:

具有至少三个相位的所述信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换;

所述第一电压状态被定义为所述最小电压电平;以及

所述第二电压状态的电压电平被所述虚拟信号选为所述最大电压电平、或大于所述最小电压电平并且小于所述最大电压电平的中间电压电平。

10. 如权利要求7所述的装置,其特征在于:

具有至少三个相位的所述信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换;

所述第一电压状态被定义为所述最大电压电平;以及

所述第二电压状态的电压电平被所述虚拟信号选为所述最小电压电平、或大于所述最小电压电平并且小于所述最大电压电平的中间电压电平。

11. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,当所述通信链路在高速模式中操作时,所述

虚拟信号表征所述物理连接的模拟行为,所述模拟行为是与当所述通信链路在低速模式中操作时所述物理连接的模拟行为不同的模拟行为。

12. 如权利要求11所述的装置,其特征在于,所述物理连接的模拟行为包括所述物理连接上的信号状态之间的上升时间或上升时间速率。

13. 一种用于仿真数字系统的方法,包括:

对在通信链路中的物理连接上传送的信号建模,其中对所述信号建模包括:

生成表示在所述物理连接上传送的所述信号的逻辑状态的数字信号;以及

生成表示所述物理连接的一个或多个模拟特性的虚拟信号,所述模拟特性包括至少三个有效电压状态,每一电压状态对应于关联于所述物理连接的电压电平;以及

通过所述虚拟信号在所述物理连接的至少三个操作模式之间进行选择来表征在所述物理连接上传送的所述信号,其中当非活跃操作模式被选择时所述物理连接处于高阻抗状态或未定义状态;

其中所述通信链路携带具有至少三个相位的信号。

14. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述至少三个有效电压状态包括三个有效电压状态。

15. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述至少三个有效电压状态之一是未驱动状态,其中当所述通信链路处于活跃操作模式时所述通信链路中的仅一个物理连接处于所述未驱动状态。

16. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述虚拟信号包括在所述物理连接的一个或多个操作模式之间进行选择的位。

17. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述通信链路包括三个物理连接,当活跃操作模式被选择时,每一物理连接传达所述至少三个相位的不同相位,并且其中在所述非活跃操作模式中,所述三个物理连接中的每一者处于所述高阻抗状态。

18. 如权利要求16所述的方法,其特征在于,所述一个或多个操作模式包括高速模式和低速模式。

19. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述数字信号包括在第一电压状态与第二电压状态之间进行选择的第一二进制位。

20. 如权利要求19所述的方法,其特征在于,所述第二电压状态的电压电平由所述虚拟信号选择。

21. 如权利要求19所述的方法,其特征在于:

具有至少三个相位的所述信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换;

所述第一电压状态被定义为所述最小电压电平;以及

所述第二电压状态的电压电平被所述虚拟信号选为所述最大电压电平、或大于所述最小电压电平并且小于所述最大电压电平的中间电压电平。

22. 如权利要求19所述的方法,其特征在于:

具有至少三个相位的所述信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换;

所述第一电压状态被定义为所述最大电压电平;以及

所述第二电压状态的电压电平被所述虚拟信号选为所述最小电压电平、或大于所述最小电压电平并且小于所述最大电压电平的中间电压电平。

23. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,当所述通信链路在高速模式中操作时,所述虚拟信号表征所述物理连接的模拟行为,所述模拟行为是与当所述通信链路在低速模式中操作时所述物理连接的模拟行为不同的模拟行为。

24. 如权利要求23所述的方法,其特征在于,所述物理连接的模拟行为包括所述物理连接上的信号状态之间的上升时间或上升时间速率。

25. 一种用于仿真数字系统的设备,包括:

用于对在通信链路中的物理连接上传送的信号建模的装置,其中用于对所述信号建模的装置被配置成:

生成表示在所述物理连接上传送的所述信号的逻辑状态的数字信号;以及

生成表示所述物理连接的一个或多个模拟特性的虚拟信号,所述模拟特性包括至少三个有效电压状态,每一电压状态对应于关联于所述物理连接的电压电平;以及

通过所述虚拟信号在所述物理连接的至少三个操作模式之间进行选择来表征在所述物理连接上传送的所述信号,其中当非活跃操作模式被选择时所述物理连接处于高阻抗状态或未定义状态;

其中所述通信链路携带具有至少三个相位的信号。

26. 如权利要求25所述的设备,其特征在于,所述至少三个有效电压状态包括三个有效电压状态。

27. 如权利要求25所述的设备,其特征在于,所述至少三个有效电压状态之一是未驱动状态,其中当所述通信链路处于活跃操作模式时所述通信链路中的仅一个物理连接处于所述未驱动状态。

28. 如权利要求25所述的设备,其特征在于,所述虚拟信号在包括所述物理连接的一个或多个操作模式之间进行选择的位。

29. 如权利要求25所述的设备,其特征在于,所述通信链路包括三个物理连接,当活跃操作模式被选择时,每一物理连接传达所述至少三个相位的不同相位,并且其中在所述非活跃操作模式中,所述三个物理连接中的每一者处于所述高阻抗状态。

30. 如权利要求28所述的设备,其特征在于,所述一个或多个操作模式包括高速模式和低速模式。

31. 如权利要求25所述的设备,其特征在于,所述数字信号包括在第一电压状态与第二电压状态之间进行选择的第一二进制位。

32. 如权利要求31所述的设备,其特征在于,所述第二电压状态的电压电平由所述虚拟信号选择。

33. 如权利要求31所述的设备,其特征在于:

具有至少三个相位的所述信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换;

所述第一电压状态被定义为所述最小电压电平;以及

所述第二电压状态的电压电平被所述虚拟信号选为所述最大电压电平、或大于所述最小电压电平并且小于所述最大电压电平的中间电压电平。

34. 如权利要求31所述的设备,其特征在于:

具有至少三个相位的所述信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换;

所述第一电压状态被定义为所述最大电压电平;以及

所述第二电压状态的电压电平被所述虚拟信号选为所述最小电压电平、或大于所述最小电压电平并且小于所述最大电压电平的中间电压电平。

35. 如权利要求25所述的设备,其特征在于,当所述通信链路在高速模式中操作时,所述虚拟信号表征所述物理连接的模拟行为,所述模拟行为是与当所述通信链路在低速模式中操作时所述物理连接的模拟行为不同的模拟行为。

36. 如权利要求35所述的设备,其特征在于,所述物理连接的模拟行为包括所述物理连接上的信号状态之间的上升时间或上升时间速率。

37. 一种用于仿真数字系统的装置,所述装置包括:

至少一个处理电路;以及

与所述至少一个处理电路处于电子通信的处理电路可读存储介质,其中所述处理电路可读存储介质具有一个或多个指令,所述指令在由所述至少一个处理电路执行时使得所述至少一个处理电路执行以下操作:

对在通信链路中的物理连接上传送的信号建模,其中对所述信号建模包括:

生成表示在所述物理连接上传送的所述信号的逻辑状态的数字信号;以及

生成表示所述物理连接的一个或多个模拟特性的虚拟信号,所述模拟特性包括至少三个有效电压状态,每一电压状态对应于关联于所述物理连接的电压电平;以及

通过所述虚拟信号在所述物理连接的至少三个操作模式之间进行选择来表征在所述物理连接上传送的所述信号,其中当非活跃操作模式被选择时所述物理连接处于高阻抗状态或未定义状态;

其中所述通信链路携带具有至少三个相位的信号。

38. 如权利要求37所述的装置,其特征在于,所述至少三个有效电压状态电压状态包括三个有效电压状态。

39. 如权利要求37所述的装置,其特征在于,所述至少三个有效电压状态之一是未驱动状态,其中当所述通信链路处于活跃操作模式时所述通信链路中的仅一个物理连接处于所述未驱动状态。

40. 如权利要求37所述的装置,其特征在于,所述虚拟信号包括在所述物理连接的一个或多个操作模式之间进行选择的位。

41. 如权利要求37所述的装置,其特征在于,所述通信链路包括三个物理连接,当活跃操作模式被选择时,每一物理连接传达所述至少三个相位的不同相位,并且其中在所述非活跃操作模式中,所述三个物理连接中的每一者处于所述高阻抗状态。

42. 如权利要求40所述的装置,其特征在于,所述一个或多个操作模式包括高速模式和低速模式。

43. 如权利要求37所述的装置,其特征在于,所述数字信号包括在第一电压状态与第二电压状态之间进行选择的第一二进制位。

44. 如权利要求43所述的装置,其特征在于,所述第二电压状态的电压电平由所述虚拟

信号选择。

45. 如权利要求43所述的装置,其特征在于:

具有至少三个相位的所述信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换;

所述第一电压状态被定义为所述最小电压电平;以及

所述第二电压状态的电压电平被所述虚拟信号选为所述最大电压电平、或大于所述最小电压电平并且小于所述最大电压电平的中间电压电平。

46. 如权利要求43所述的装置,其特征在于:

具有至少三个相位的所述信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换;

所述第一电压状态被定义为所述最大电压电平;以及

所述第二电压状态的电压电平被所述虚拟信号选为所述最小电压电平、或大于所述最小电压电平并且小于所述最大电压电平的中间电压电平。

47. 如权利要求37所述的装置,其特征在于,当所述通信链路在高速模式中操作时,所述虚拟信号表征所述物理连接的模拟行为,所述模拟行为是与当所述通信链路在低速模式中操作时所述物理连接的模拟行为不同的模拟行为。

48. 如权利要求47所述的装置,其特征在于,所述物理连接的模拟行为包括所述物理连接上的信号状态之间的上升时间或上升时间速率。

用于仿真数字系统的装置和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2014年1月15日向美国专利商标局提交的美国非临时专利申请 No. 14/156,329 的优先权和权益,其全部内容通过援引纳入于此。

[0003] 背景

[0004] 领域

[0005] 本公开一般涉及高速数据通信接口,并且尤其涉及多线、多相数据通信链路中的信令的建模。

背景技术

[0006] 移动设备(诸如蜂窝电话)的制造商可从各种来源(包括不同制造商)获得移动设备的各组件。例如,蜂窝电话中的应用处理器可从第一制造商获得,而蜂窝电话的显示器可从第二制造商获得。可使用基于标准的或专有物理接口来互连应用处理器和显示器或其他设备。例如,显示器可提供遵从由移动行业处理器接口联盟(MIPI)所规定的显示系统接口(DSI)标准的接口。

[0007] 多相中信令的仿真可能是有问题的。具体而言,多相信号的某些行为与导线或其它连接器上的物理信号的模拟特性有关。使用实数来表示导线的模拟状态可能导致生成大量数据来表示导线上的信号,结果导致用于使用电压状态的实数表示来执行计算的过量处理开销。

[0008] 概述

[0009] 本文所公开的实施例提供了实现对多线和/或多相通信链路的改进的模拟行为建模的系统、方法和装置。本文所描述的某些方面可以在数据仿真和模拟仿真中找到应用。

[0010] 在本公开的一方面,一种用于仿真数字系统的方法,包括:生成表示通信链路中的物理连接的数字信号,生成表征在该物理连接上传送的三相信号的虚拟信号,以及将该虚拟信号配置成对该物理连接的一个或多个模拟特性进行建模。这些模拟特性可包括定义三相信号的电压状态。该物理连接的模拟特性可包括对应于该三相信号的信令状态的至少三个电压状态。

[0011] 在本公开的一方面,这些电压状态包括至少三个有效电压状态,每一电压状态对应于关联于该物理连接的电压电平。该至少三个有效电压状态之一包括未驱动状态。当该通信链路处于活跃操作模式时,该通信链路中的仅一个物理连接处于此未驱动状态。虚拟信号可以在该物理连接的一个或多个操作模式之间进行选择。当选择非活跃操作模式时,该物理连接可以处于高阻抗状态或未定义状态。该一个或多个操作模式包括高速模式和低速模式。

[0012] 在本公开的一方面,该数字信号包括在第一电压状态与第二电压状态之间进行选择的第一二进制位。第二电压状态的电压电平可以由虚拟信号来选择。在一个示例中,该通信链路包括三个物理连接,在选择活跃操作模式时每一物理连接传达该三相信号的不同相位。在处于非活跃操作模式时,该三个物理连接中的每一物理连接可以处于高阻抗状态。

[0013] 在本公开的一方面,该三相信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换。第一电压状态可以被定义为最小电压电平。第二电压状态的电压电平可以被该虚拟信号选为最大电压电平或大于最小电压电平且小于最大电压电平的中间电压电平。

[0014] 在本公开的一方面,该三相信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换。第一电压状态可以被定义为最大电压电平。第二电压状态的电压电平可以被该虚拟信号选为最小电压电平或大于最小电压电平且小于最大电压电平的中间电压电平。

[0015] 在本公开的一方面,当该通信链路在高速模式中操作时,该虚拟信号表征该物理连接的模拟行为,这些模拟行为是与当该通信链路在低速操作模式中操作时该物理连接的模拟行为不同的模拟行为。该物理连接的模拟行为可包括该物理连接上的诸信号状态之间的上升时间或上升时间速率。

[0016] 在本公开的一方面,一种设备包括:用于生成表示通信链路中的物理连接的数字信号的装置,用于生成表征在该物理连接上传送的三相信号的虚拟信号的装置,以及用于将该虚拟信号配置成对该物理连接的一个或多个模拟特性进行建模的装置。包括电压状态的这些模拟特性可定义该三相信号。该物理连接的这些模拟特性可包括对应于该三相信号的信令状态的至少三个电压状态。

[0017] 在本公开的一方面,一种设备包括至少一个处理电路,该处理电路被配置成生成表示通信链路中的物理连接的数字信号以及表征在该物理连接上传送的三相信号的虚拟信号。该虚拟信号可以表示该物理连接的一个或多个模拟特性。这些模拟特性可包括定义该三相信号的电压状态。

[0018] 在本公开的一方面,一种用于仿真数字系统的装置包括至少一个处理电路和与该处理器处于电子通信的处理器可读存储介质。该处理器可读存储介质可维护或存储一个或多个指令。这些指令在由处理电路执行时可以使得该处理电路执行以下操作:生成表示通信链路中的物理连接的数字信号,生成表征在该物理连接上传送的三相信号的虚拟信号,以及将该虚拟信号配置成对该物理连接的一个或多个模拟特性进行建模。这些模拟特性可包括定义该三相信号的电压状态。该物理连接的这些模拟特性可包括对应于该三相信号的信令状态的至少三个电压状态。

[0019] 附图简述

[0020] 图1描绘了在各IC设备之间采用数据链路的装置,该数据链路选择性地根据多个可用标准之一来操作。

[0021] 图2解说了在各IC设备之间采用数据链路的装置的系统架构,该数据链路选择性地根据多个可用标准之一来工作。

[0022] 图3解说了N相极性数据编码器。

[0023] 图4解说了N相极性编码式接口中的信令。

[0024] 图5解说了M线、N相极性解码器中的转变检测。

[0025] 图6是信号上升时间对M线、N相极性解码器中的转变检测的影响的简化示例。

[0026] 图7是解说M线N相极性解码器中的潜在状态转变的状态图。

[0027] 图8包括解说当在码元之间发生多个转变时N相极性编码中的码元转变区可变性的时序图表。

[0028] 图9是解说被配置成对通信链路中的连接器的模拟行为进行建模和仿真的处理电

路的框图。

[0029] 图10是一种用于仿真数字设备的方法的流程图。

[0030] 图11解说了根据本文所公开的某些方面的被配置成仿真数字设备的装置的一个示例。

[0031] 详细描述

[0032] 现在参照附图描述各个方面。在以下描述中,出于解释目的阐述了众多具体细节以提供对一个或多个方面的透彻理解。但是显然的是,没有这些具体细节也可实践此(诸)方面。

[0033] 如本申请中所使用的,术语“组件”、“模块”、“系统”及类似术语旨在包括计算机相关实体,诸如但不限于硬件、固件、硬件与软件的组合、软件、或执行中的软件。例如,组件可以是但不限于是,在处理器上运行的进程、处理器、对象、可执行件、执行的线程、程序和/或计算机。作为解说,在计算设备上运行的应用和该计算设备两者皆可以是组件。一个或多个组件可驻留在进程和/或执行的线程内,且组件可以本地化在一台计算机上和/或分布在两台或更多台计算机之间。此外,这些组件能从其上存储着各种数据结构的各种计算机可读介质来执行。这些组件可藉由本地和/或远程进程来通信,诸如根据具有一个或多个数据分组的信号来通信,这样的数据分组诸如是来自藉由该信号与本地系统、分布式系统中另一组件交互的、和/或跨诸如因特网之类的网络与其他系统交互的一个组件的数据。

[0034] 此外,术语“或”旨在表示包含性“或”而非排他性“或”。即,除非另外指明或从上下文能清楚地看出,否则短语“X采用A或B”旨在表示任何自然的可兼排列。即,短语“X采用A或B”得到以下任何实例的满足:X采用A;X采用B;或X采用A和B两者。另外,本申请和所附权利要求书中所使用的冠词“一”和“某”一般应当被解释成表示“一个或多个”,除非另外声明或者可从上下文中清楚看出是指单数形式。

[0035] 本发明的某些方面可适用于被部署在电子设备之间的通信链路,这些电子设备可包括装置(诸如电话、移动计算设备、电器、汽车电子设备、航空电子系统等)的子组件。图1描绘了可采用IC设备之间的通信链路的装置。在一个示例中,装置100可包括无线通信设备,该无线通信设备通过RF收发机与无线电接入网(RAN)、核心接入网、因特网和/或另一网络通信。装置100可包括可操作地耦合到处理电路102的通信收发机106。处理电路102可包括一个或多个IC设备,诸如专用IC(ASIC) 108。ASIC 108可包括一个或多个处理设备、逻辑电路等等。处理电路102可包括和/或耦合至处理器可读存储(诸如存储器112),该处理器可读存储可维护可由处理电路102执行的指令和数据。处理电路102可由操作系统以及应用编程接口(API) 110层中的一者或多者来控制,该API 110层支持并允许执行驻留在存储介质(诸如无线设备的存储器设备112)中的软件模块。存储器设备112可包括只读存储器(ROM)或随机存取存储器(RAM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)、闪存卡、或可以在处理系统和计算平台中使用的任何存储器设备。处理电路102可包括或访问本地数据库114,该本地数据库114可维护用于配置和操作装置100的工作参数和其它信息。本地数据库114可使用数据库模块、闪存存储器、磁介质、EEPROM、光学介质、磁带、软盘或硬盘等中的一者或多者来实现。处理电路也可以可操作地耦合至外部设备,诸如天线122、显示器124、操作者控件(诸如按钮128和按键板126以及其他组件)。

[0036] 图2是解说装置的某些方面的框图200,该装置诸如是无线移动设备、移动电话、移

动计算系统、无线电话、笔记本计算机、平板计算设备、媒体播放器、游戏设备等。装置200可包括通过通信链路220交换数据和控制信息的多个IC设备202和230。通信链路220可被用于连接彼此位置紧邻或者物理上位于装置200的不同部分中的IC设备对202和230。在一个示例中,通信链路220可被设在搭载IC设备202和230的芯片载体、基板或电路板上。在另一示例中,第一IC设备202可位于折叠式电话的按键板部分中,而第二IC设备230可位于折叠式电话的显示器部分中。在另一示例中,通信链路220的一部分可包括电缆或光学连接。

[0037] 通信链路220可包括多个信道222、224和226。一个或多个信道226可以是双向的,并且可以工作在半双工和/或全双工模式下。一个或多个信道222和224可以是单向的。通信链路220可以是非对称的,由此在一个方向上提供较高带宽。在本文描述的一个示例中,第一通信信道222可被称为前向链路222,而第二通信信道224可被称为反向链路224。第一IC设备202可以被指定为主机系统或发射机,而第二IC设备230可以被指定为客户机系统或接收机,即便IC设备202和230两者都被配置成在通信链路222上发射和接收。在一个示例中,前向链路222可以在将数据从第一IC设备202传达给第二IC设备230时以较高数据率操作,而反向链路224可以在将数据从第二IC设备230传达给第一IC设备202时以较低数据率操作。

[0038] IC设备202和230可各自包括处理器或其它处理和/或计算电路或设备206、236。在一个示例中,第一IC设备202可执行装置200的核心功能,包括维护通过无线收发机204和天线214的无线通信,而第二IC设备230可支持管理或操作显示器控制器232的用户接口,并且可使用相机控制器234来控制相机或视频输入设备的操作。IC设备202和230中的一者或多者所支持的其它特征可包括键盘、语音识别组件、以及其它输入或输出设备。显示器控制器232可包括支持显示器(诸如液晶显示器(LCD)面板、触摸屏显示器、指示器等)的电路和软件驱动器存储介质208和238可包括瞬态和/或非瞬态存储设备,其被适配成维护由相应处理器206和236和/或IC设备202和230的其它组件所使用的指令和数据。每个处理器206、236与其相应的存储介质208和238以及其它模块和电路之间的通信可分别由一条或多条总线212和242来促成。

[0039] 反向链路224可以与前向链路222相同的方式操作,并且前向链路222和反向链路224可以能够以相当的速度或以不同的速度进行传送,其中速度可被表示为数据传输速率和/或时钟速率。取决于应用,前向和反向数据速率可以基本上相同或相差几个数量级。在一些应用中,单个双向链路226可支持第一IC设备202与第二IC设备230之间的通信。当例如前向和反向链路222和224共享相同的物理连接并以半双工方式工作时,前向链路222和/或反向链路224可被配置成以双向模式工作。在一个示例中,通信链路220可被操作以根据行业或其它标准在第一IC设备202与第二IC设备230之间传达控制、命令以及其它信息。

[0040] 行业标准可以是因应用而异的。在一个示例中,MIPI标准定义物理层接口,该物理层接口包括应用处理器IC设备202与支持移动设备中的相机或显示器的IC设备230之间的同步接口规范(D-PHY)。该D-PHY规范管控遵从移动设备的MIPI规范的操作特性。D-PHY接口可支持使用在移动设备内的组件202和230之间互连的灵活、低成本、高速的串行接口的数据传输。这些接口可包括提供相对低比特率以及慢边沿以避免电磁干扰(EMI)问题的互补金属氧化物半导体(CMOS)并行总线。

[0041] 图2的通信链路220可被实现为包括多条信号导线(被标示为M条导线)的有线总

线。这M条导线可被配置成携带高速数字接口中(诸如移动显示器数字接口(MDDI)中)的经N相编码数据。这M条导线可促成信道222、224和226中的一者或多者上的N相极性编码。物理层驱动器210和240可被配置或适配成生成经N相极性编码数据以供在通信链路220上传输。使用N相极性编码提供了高速数据传递,并且消耗的功率是其它接口的一半或更少,因为在经N相极性编码数据链路220中活跃的驱动器较少。

[0042] N相极性编码设备210和/或240通常能够对通信链路220上的每次转变编码多个比特。在一个示例中,3相编码和极性编码的组合可被用于支持宽视频图形阵列(WVGA)每秒80帧的LCD驱动器IC而不需要帧缓冲器,其以810Mbps递送像素数据以供显示器刷新。

[0043] 图3是解说可被用于实现图2中描绘的通信链路220的某些方面的M线、N相极性编码器的示意图300。在所描绘的示例中,M线、N相极性编码器发射机被配置成使用M=3导线和N=3相信令来传送信息。仅出于简化对本发明的某些方面的描述的目的而选择了3线、3相编码的示例。针对3导线3相编码器所公开的原理和技术可被应用在M导线N相极性编码器的其它配置中。

[0044] 针对M线、N相极性编码方案中的该M条导线中的每一条导线所定义的信令状态可包括正驱动状态、负驱动状态和未驱动状态。在该3线、3相极性编码方案中,可通过在信号导线310a、310b和/或310c中的两条信号导线之间提供电压差分、和/或通过驱动电流流过串联连接的信号导线310a、310b和/或310c中的两条信号导线以使得电流在这两条信号导线310a、310b和/或310c中在不同方向上流动来获得正驱动状态和负驱动状态。通常情况下,没有显著电流流过未驱动的信号导线310a、310b或310c。可以使用这三个电压或电流状态(+1,-1,和0)来标示针对3线、3相极性编码方案所定义的信令状态。

[0045] 可通过无源或有源地使得“未驱动的”信号导线310a、310b或310c呈现基本上处于在被驱动的信号导线310a、310b和/或310c上所提供的正和负电压电平之间的半途的电压电平来在信号导线310a、310b或310c上获得未驱动状态(即,0状态)。在一个示例中,可通过将信号导线310a、310b或310c的驱动器的输出置于高阻抗模式来实现未驱动状态。三相0状态、未驱动状态、和高阻抗状态从单个信号导线310a、310b或310c的角度来看在3相信令方案中可以是电等效的。然而,信号导线310a、310b、310c中的仅一条导线在码元中可以处于未驱动状态。相应地,如果该三条信号导线310a、310b、310c中的两条导线处于高阻抗状态,则码元可以被认为是错误码元。如果全部三条信号导线310a、310b、310c处于高阻抗状态,则通信链路220可以被认为是不活跃的。

[0046] 3线、3相极性编码器可采用驱动器308来控制连接器310a、310b和310c的信令状态。驱动器308可被实现为单位电平电流模式或电压模式驱动器。在一个示例中,每一驱动器308可以接收确定对应连接器310a、310b和310c的输出状态的两个或更多个信号316a、316b和316c的集合。当信号316a、316b和316c的集合中的每一集合包括信号对时,则可以针对对应的连接器310a、310b和310c定义四个状态。当信号316a、316b和316c的集合中的每一集合包括三个信号时,则可以针对对应的连接器310a、310b和310c定义8个状态。

[0047] 对于M线、N相极性编码方案中的每个所传送码元区间,至少一条信号导线310a、310b或310c处于未驱动(0)电压或电流状态,而正驱动(+1电压或电流状态)信号导线310a、310b或310c的数目等于负驱动(-1电压或电流状态)信号导线310a、310b或310c的数目,以使得流向接收机的电流之和总是为零。对于每个码元,至少一条信号导线310a、310b或310c

的状态相对于之前传送区间中传送的码元发生了改变。

[0048] 在操作中,映射器302可接收16位数据310并将其映射至7个码元312。在3线示例中,该7个码元中的每一个码元针对一个码元区间定义信号导线310a、310b和310c的状态。该7个码元312可以使用并行到串行转换器304被串行化,并行到串行转换器304针对每一导线310a、310b和310c提供定时的状态序列314。状态序列314通常使用传输时钟来定时。M线相位编码器306一次一码元地接收由映射器产生的7码元序列314,并且针对每个码元区间计算每条信号导线310a、310b和310c的状态。3线编码器306基于当前输入码元314以及信号导线310a、310b和310c的先前状态来选择信号导线310a、310b和310c的状态。

[0049] 对M导线N相编码的使用允许数个比特被编码成多个码元,其中每码元的比特不是整数。在简单的3线通信链路示例中,有3种可用的2线组合(这2根导线可被同时驱动)以及被驱动的导线对上的2种可能的极性组合,从而产生6个可能状态。由于每个转变从当前状态发生,因此在每次转变时有6种状态之中的5种状态可用。在每次转变时,要求至少一条导线的状态改变。在有5种状态的情况下,每码元可编码 $\log_2(5) \cong 2.32$ 个比特。相应地,映射器可接受16比特字并将其转换成7个码元,因为每码元携带2.32个比特的7个码元可编码16.24个比特。换言之,编码五种状态的七个码元的组合具有 5^7 (即78,125)种排列。相应地,这7个码元可被用于编码16比特的 2^{16} (即65,536)种排列。

[0050] 图4包括使用三相调制数据编码方案(其基于循环状态图450)来编码的信号的时序图400的示例。信息可被编码在信令状态序列中,其中例如导线或连接器处于由状态图450所定义的三相状态 S_1 、 S_2 和 S_3 之一。每个状态可与其他状态隔开 120° 相移。在一个示例中,可按导线或连接器上的相位状态的旋转方向来编码数据。信号中的相位状态可按顺时针方向452和452'或按逆时针方向454和454'旋转。例如在顺时针方向452和454'上,相位状态可在包括从 S_1 到 S_2 、从 S_2 到 S_3 和从 S_3 到 S_1 的转变中的一者或多者的序列中前进。在逆时针方向454和454'上,相位状态可在包括从 S_1 到 S_3 、从 S_3 到 S_2 和从 S_2 到 S_1 的转变中的一者或多者的序列中前进。这三条导线310a、310b和310c携带相同信号的不同版本,其中这些版本相对于彼此被移相 120° 。每个信令状态可被表示为导线或连接器上的不同电压电平和/或电流流过导线或连接器的方向。在3线系统中的信令状态序列中的每一个状态期间,每条导线310a、310b和310c处于与其他导线不同的信令状态。当在3相编码系统中使用3条以上导线310a、310b和310c时,两条或更多条导线310a、310b和/或310c在每个信令区间可处于相同的信令状态,但每个状态在每个信令区间中出现在至少一条导线310a、310b和/或310c上。

[0051] 可在每个相变410处按旋转方向来编码信息,并且3相信号可针对每个信令状态改变方向。可通过考虑哪些导线310a、310b和/或310c在相变之前和之后处于'0'状态来确定旋转方向,因为未驱动的导线310a、310b和/或310c在旋转三相信号中的每个信令状态处改变,而不管旋转方向如何。

[0052] 该编码方案还可在被有源地驱动的导体310a、310b和310c中的两个导体的极性408中编码信息。在3线实现中的任何时间,导体310a、310b、310c中的恰好两个导体是用方向相反的电流和/或用差分电压来驱动的。在简单实现中,可使用两个比特值412来编码数据412,其中一个比特被编码在相变410的方向中,而第二比特被编码在当前状态408的极性中。

[0053] 时序图400解说了使用相位旋转方向和极性两者的数据编码。曲线402、404和406

针对多个相位状态分别与三条导线310a、310b和310c上携带的信号有关。最初,相变410是顺时针方向的且最高有效位被设置为二进制‘1’,直至相变410的旋转在时间414处切换到逆时针方向(如由最高有效位的二进制‘0’所表示的)。最低有效位反映该信号在每个状态中的极性408。

[0054] 根据本文所公开的某些方面,一个比特的数据可被编码在3线、3相编码系统中的旋转或相位变化中,而附加比特可被编码在两条被驱动的导线的极性中。可通过允许从当前状态转变到任一种可能状态来在3线、3相编码系统的每次转变中编码附加信息。在给定3个旋转相位以及每个相位有两种极性的情况下,在3线、3相编码系统中有6种状态可用。相应地,从任何当前状态有5种状态可用。相应地,每码元(转变)可编码 $\log_2(5) \cong 2.32$ 个比特,这允许映射器302接受16比特字并将其编码成7个码元。

[0055] N相数据传输可使用在通信介质(诸如总线)中提供的三条以上导线。使用可被同时驱动的附加信号导线提供了状态和极性的更多组合,并且允许在状态间的每次转变处编码更多比特的数据。这可显著地提高系统的吞吐量,并且相对于使用多个差分对来传送数据比特的办法降低了功耗,同时提供了增加的带宽。

[0056] 在一个示例中,编码器可使用6条导线来传送码元,其中对于每个状态,驱动2对导线。6条导线可被标记为A到F,以使得在一个状态中,导线A和F被驱动为正,导线B和E被驱动为负,而C和D未被驱动(或不携带电流)。对于6条导线,可以有:

[0057] $C(6,4) = \frac{6!}{(6-4)! \cdot 4!} = 15$ 种可能的被有源地驱动的导线组合,其中对于每个相位状态,有:

[0058] $C(4,2) = \frac{4!}{(4-2)! \cdot 2!} = 6$ 种不同的极性组合。

[0059] 这15种不同的被有源地驱动的导线组合可包括:

| | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| [0060] | A B C D | A B C E | A B C F | A B D E | A B D F |
| | A B E F | A C D E | A C D F | A C E F | A D E F |
| [0061] | B C D E | B C D F | B C E F | B D E F | C D E F |

[0062] 在4个被驱动的导线中,可能是两条导线被驱动为正(而另两条必须被驱动为负)的组合。极性组合可包括:

[0063] ++-- +--+ +-+- -+++ -++- --++

[0064] 相应地,不同状态的总数可被计算为 $15 \times 6 = 90$ 。为了确保各码元之间的变换,从任何当前状态有89个状态可用,并且可被编码在每个码元中的比特数目可被计算为:每码元 $\log_2(89) \cong 6.47$ 个比特。在这一示例中,给定 $5 \times 6.47 = 32.35$ 个比特,映射器可将32比特字编码成5个码元。

[0065] 针对任何大小的总线,可被驱动的导线组合的数目的总方程是总线中的导线数目和同时被驱动的导线数目的函数:

[0066] $C(N_{wtres}, N_{driven}) = \frac{N_{wtres}!}{(N_{wtres} - N_{driven})! \cdot N_{driven}!}$

[0067] 被驱动的导线的极性组合的数目的方程为：

$$[0068] \quad C\left(N_{\text{driven}}, \frac{N_{\text{driven}}}{2}\right) = \frac{N_{\text{driven}}!}{\left(\left(\frac{N_{\text{driven}}}{2}\right)!\right)^2}$$

[0069] 每码元的比特数目为：

$$[0070] \quad \log_2\left(C(N_{\text{wires}}, N_{\text{driven}}) \cdot C\left(N_{\text{driven}}, \frac{N_{\text{driven}}}{2}\right) - 1\right)$$

[0071] 图5包括解说3线、3相解调器中的接收机的某些方面的示意框图500。一组差分接收机502a、502b和502c被配置成将三条导线510a、510b和510c中的每一条导线与三条导线510a、510b和510c中的其它导线作比较。在所描绘的示例中，差分接收机502a比较导线510a和510b的状态并且输出A-B差分信号504a，差分接收机502b比较导线510b和510c的状态并且输出B-C差分信号504b，并且差分接收机502c比较导线510a和510c的状态并且输出C-A差分信号504c。相应地，相位变化检测电路506可被配置成检测相位改变的发生，因为差分接收机502a、502b和502c中的至少一者的输出504a、504b和/或504c在每一相位区间结束时发生改变。

[0072] 某些相位转变可以是可由单个差分接收机502a、502b或502c检测的，而其他相位转变可由差分接收机502a、502b和502c中的两者或更多者来检测。在一个示例中，状态、或两条导线的相对状态可以在转变之后不改变，并且对应的差分接收机502a、502b或502c的输出也可以在相位转变之后不改变。在另一示例中，导线对510a、502b和/或502c中的这两条导线可以在第一时间区间中处于相同状态，并且这两条导线可以在第二时间区间中处于相同的第二状态，并且比较该导线对的差分接收机502a、502b或502c可以在相位转变之后不改变。相应地，时钟生成电路506可包括相位变化检测电路和逻辑506，该相位变化检测电路和逻辑506监视所有差分接收机502a、502b和502c的输出以确定接收(Rx)相位转变何时已发生。时钟生成电路可以基于分别作为信号508a、508b和508c输出的检测到的相位转变Rx_AB、Rx_BC和/或Rx_CA来生成接收时钟512。

[0073] 相位状态的改变可以针对导线510a、510b和/或510c的不同组合在不同时间被检测。对相位状态改变的检测的定时可根据已发生的相位状态变化的类型而变化。此可变性的结果在图5的简化时序图表520中解说。仅为了解说清楚起见，表示相位变化检测电路506和/或差分接收机502a、502b和502c的输出的标记522、524和526被指派不同的高度。标记522、524和526的相对高度与用于时钟生成或数据解码的电压或电流电平、极性或者加权值不具有特定关系。时序图表520解说了与在三条导线510a、510b和510c上的相位和极性中传送的码元相关联的转变的定时的影响。在时序图520中，一些码元之间的转变可导致其间可以可靠地捕捉码元的可变捕捉窗口530a、530b、530c、530d、530e、530f和/或530g(统称为码元捕捉窗口530)。所检测到的状态改变的数目和它们的相对定时可导致时钟信号512的抖动。

[0074] 当仿真3线、3相通信链路时，导线的某些模拟特性可被建模以计及码元窗口530中的可变性、以及可能来自此类可变性的抖动。码元窗口530的大小的可变性以及抖动可部分地由导线510a、510b和510c的模拟电气特性引起，如图6中描绘的简单示例600中所解说的。更具体地，影响上升和下降时间的导线510a、510b和510c的模拟电气特性可包括电阻、电

容、电感、线驱动器提供的电压和电流、线接收电路处设置的阈值、以及其它因素。码元窗口530大小的可变性可能受信号转换时间可变性和/或由制造工艺容限、电压和电流源的变动和稳定性以及工作温度所引起的检测电路可变性所影响。

[0075] 较大的信号转变时间可变性可归因于3相信令中不同的电压或电流电平的存在。图6中描绘了简化的“电压-电平”示例,其解说了单条导线510a、510b或510c中的转变时间。第一码元 Sym_n 区间602可结束于时间622,第二码元 Sym_{n+1} 区间可结束于时间624,而第三码元 Sym_{n+2} 区间606可结束于时间626,此时第四码元 Sym_{n+3} 区间608开始。可在可归因于导线510a、510b或510c中的电压达到阈值电压618和/或620所花费时间的延迟612之后检测从由第一码元602所确定的状态到对应于第二码元604的状态的转变。该阈值电压可被用于确定导线510a、510b或510c的状态。可在可归因于导线510a、510b或510c中的电压达到阈值电压618和/或620之一所花费时间的延迟614之后检测从由第二码元604所确定的状态到第三码元606的状态的转变。可在可归因于导线510a、510b或510c中的电压达到阈值电压618和/或620所花费时间的延迟616之后检测从由第三码元606所确定的状态到第四码元608的状态的转变。

[0076] 可变延迟612、614、616可以可归因于各状态之间的电压差分,以及例如信号是否是被驱动往一状态或由上拉或下拉电阻器拉至该状态。

[0077] 图7是解说3线3相通信链路的一个示例中的6种状态和30种可能状态转变的状态图700。状态图700中的可能状态702、704、706、712、714和716包括图4的示图450中所示的状态并且在此状态上扩展。如状态元素720的范例中示出的,状态图700中的每种状态702、704、706、712、714和716包括示出(分别在导线610a、610b和610c上传送的)信号A、B和C的电压状态的字段722,示出由差分接收机502a、502b、502c(参见图5)分别扣除导线电压之后的结果的字段724,以及指示旋转方向的字段726。例如,在状态702(+x)中,导线A=+1、导线B=-1以及导线C=0,从而产生差分接收机502a的输出(A-B)=+2,差分接收机502b的输出(B-C)=-1以及差分接收机502c的输出(C-A)=+1。所定义的状态{+1,0,-1}可以在一个示例中由电压集合{+V,+V/2,0}而在另一示例中由电压集合{+V,0,-V}、或者由某一其它表示被表示在510a、510b和510c上。如该状态图所解说的,相位改变检测电路系统506所作出的转变决策基于由差分接收机502a、502b和502c的减除所产生的5种可能电平,其包括-2、-1、0、+1和+2电压状态。

[0078] 表1解说了3线3相编码方案的信令状态,其中导线(A,B,C)510a、510b和510c可以切换三种电压电平{+V,+V/2,0}。差分接收机502a、502b、502c中的每一者的差分输出504a、504b或504c表示导线对510a、510b和510c的输入电压的差别。

[0079]

| 导线状态 | 导线振幅 | | | 接收机差分输入电压 | | | 接收机数字输出 | | |
|------|------|------|------|-----------|------|------|-----------|-----------|-----------|
| | A | B) | C | A-B | B-C | C-A | Rx_A B | Rx_B C | Rx_C A |
| +x | V | 0 | +V/2 | V | -V/2 | -V/2 | 1 | 0 | 0 |
| -x | 0 | V | +V/2 | V | +V/2 | +V/2 | 0 | 1 | 1 |
| +y | +V/2 | V | 0 | -V/2 | V | -V/2 | 0 | 1 | 0 |
| -y | +V/2 | 0 | V | +V/2 | V | +V/2 | 1 | 0 | 1 |
| +z | 0 | +V/2 | V | -V/2 | -V/2 | V | 0 | 0 | 1 |
| -z | V | +V/2 | 0 | +V/2 | +V/2 | V | 1 | 1 | 0 |

[0080] 表1

[0081] 图8在图形上描绘了表1的编码/解码方案。相位改变检测电路系统可以处理差分输出504a、504b和504c以产生在差分输出504a、504b和504c具有正电压的情况下具有逻辑值‘1’以及在差分输出504a、504b和504c具有负电压时具有逻辑值‘0’的二进制信号。

[0082] 图8提供了表示从第一状态到第二状态的转变的简化示例的时序图800并且解说了可归因于信号导线504a、504b和504c的模拟特性的定时可变性。时序图表800涉及3线、3相通信链路的示例，其中由于三重线的三个信号之间的上升和下降时间的微小差异并且由于收到信号对的组合(例如，A-B、B-C和C-A)之间的信号传播时间的微小差异，可在每个UI边界处发生多个接收机输出转变。出于此说明的目的，图8中描绘的信号被假定不具有相位抖动或ISI。导线的初始状态可以是被驱动状态(0伏特或+V伏特)，具有到另一被驱动状态或到未驱动状态的可能转变——如果通过允许导线浮置或被无源地拉至+V/2伏特电平来获得+V/2伏特状态的话。在一些实例中，所有三个状态可以是被驱动状态。导线的初始状态可以是未驱动状态，具有到被驱动状态的可能转变。

[0083] 时序图表802、812和822解说了在该组信号图表850中所示的信号转变之前和之后在差分接收机502a、502b和502c处可测量的信号导线510a、510b和510c(分别为信号A、B和C)之间的差异。在图8所描绘的示例中，-1状态由0伏的电压电平表示，+1状态由正电压(+V)表示，并且中间状态被定义在+V/2伏处。在许多实例中，差分接收机502a、502b和502c的集合可被配置成通过比较两条信号导线510a、510b和510c的不同组合来捕捉转变。在一个示例中，这些差分接收机502a、502b和502c可被配置成通过确定它们相应输入电压的差异(例如，通过减法)来产生输出。时钟可基于差分接收机502a、502b和502c中的一者或多者的输出的越零来生成。越零可在信号转变穿过0状态时发生，0状态由表示+1状态的电压与表示-1状态的电压之间的电压范围中的中间点处的电压来表示。在一个示例中，在-1状态由负电压(-V)表示并且+1状态由正电压(+V)表示时，越零在0伏处发生。

[0084] 时序图表802和852涉及从码元(+x) 702到码元(-x) 712(参见图7)的转变，其中信号A从+1状态转变到-1状态，信号B从-1状态转变到+1状态，以及信号C保持在0状态。相应

地,差分接收机502a可在AB转变806之前测得差值+2而在AB转变806之后测得差值-2,差分接收机502b和502c可各自在BC和CA转变804之前测得差值-1而在BC和CA转变804之后测得差值+1。在此示例中,BC和CA转变804和806两者均具有越零。越零可在靠近的时间邻近度810中发生,因为这两个转变都是朝向被驱动状态的。

[0085] 时序图812和854涉及从码元(+x) 702到码元(+y) 704的转变,其中信号A从+1状态转变到0状态,信号B从-1状态转变到+1状态,以及信号C从0状态转变到-1状态。相应地,差分接收机502a可在AB转变816之前测得差值+2而在AB转变816之后测得差值-1,差分接收机502b可在BC转变814之前测得差值-1而在BC转变814之后测得差值+2,以及差分接收机502c可贯穿CA“非转变”818保持在差值-1。在此示例中,BC和AB转变814和816两者均具有越零。这些越零可被分开显著的时间区间820。在一个示例中,该差异可能发生是由于BC转变814涉及具有最终被驱动状态的两个信号而AB转变816涉及具有最终未驱动状态的一个信号。

[0086] 时序图表822和856涉及从码元(+x) 702到码元(+z) 706的转变,其中信号A从+1状态转变到-1状态,信号B从-1状态转变到0状态,以及信号C从0状态转变到+1状态。相应地,差分接收机502a可在AB转变826之前测得差值+2而在AB转变826之后测得差值-1,差分接收机602b可在BC非转变828之前和之后测得差值-1,以及差分接收机502c可在CA转变824之前测得差值-1而在CA转变824之后测得差值+2。在此示例中,CA和AB转变824和826两者均具有越零。这些越零可被分开显著的时间段830。在一个示例中,该差异可归因于CA转变824涉及两者均具有最终被驱动状态的信号A和C而AB转变826涉及具有最终未驱动状态的一个信号(信号B)。

[0087] 越零之间的时间区间810、820和830可由不同状态组合之间的转变时间的差异引起。例如,转变到被驱动状态的转变时间可短于转变到未驱动状态的转变时间。可采用产生增大或减小的上升时间差的其它电路实现。例如,当零状态是被驱动电平而非未驱动电平时,或者在未驱动信号导线被上拉和/或下拉电阻器终接的场合,差分接收机502a、502b和502c的输入处的信号的相对时间关系可受到影响。因此,可针对在接收机输入处接收到的信号预期不同的定时关系。

[0088] 图8中所解说的示例描述了+x到-x、+x到+y以及+x到+z这三种状态转变的转变对准,并且如时序图表852、854和856所示,在信号导线510a、510b和510c中的至少两者上发生越零。这三种状态转变中发生的状况可存在于图7中所示的30种可能状态转变中的18种中。

[0089] 根据本文所述的某些方面,信号和在通信信道中携带这些信号的导线的特性可以出于仿真的目的被建模。本文所述的技术和方法可被用于对可影响3相通信链路的操作的导线的某些模拟特性进行建模。常规仿真器限于对具体信号或信号内容进行建模并且无法容适链路的重新配置。例如,常规系统无法容易地仿真为了容适不同功率预算能够在3相信令与二进制单端或差分信令之间重新配置的通信链路。

[0090] 根据本文所述的某些方面,通信链路中的连接器可以被建模而无需诉诸对模拟特性的实数建模。在连接器上传送的信号可以使用第一二进制位来表示以指示在该连接器上传送的信号的标称“活跃/非活跃”状况。因而,对于二进制信号,第一二进制位可以被直接映射到逻辑‘1’和逻辑‘0’状态。附加位可以被用于提供虚拟数字信号,该虚拟数字信号指示表示连接器上的逻辑‘1’和逻辑‘0’状态的不同电压振幅(当为该信号定义了两个以上的状态时)。在3相信号的示例中,附加位对可以被使用以象征中间状态,诸如表1中以及图8中

的信号图表850中解说的+V/2伏状态。附加位对的第一位可以指示中间电压状态可用,并且第二位可以接着在最大状态(+V伏)与中间状态(其可包括+V/2伏状态)之间进行选择。

| 导线 驱动 状态 | 实振幅 (在一条导线处) | 对导线建模: 虚拟信号和数字信号(在一条导线处) | | |
|----------------|------------------------------|--------------------------|--------------|-----|
| | | HS_en | HS_mid_level | 位 P |
| [0091] HS | 0 | 1 | 0 | 0 |
| HS | +V/2 | | 1 | 1 |
| HS | V | | 0 | 1 |
| LP | LP 逻辑 0 (0 伏) | 0 | 无所谓 | 0 |
| LP | LP 逻辑 1 (+V _{LP} 伏) | | 无所谓 | 1 |
| 高阻抗 | Z | 无所谓 | 无所谓 | Z |
| 未知 | X | 无所谓 | 无所谓 | X |

[0092] 表2

[0093] 表2解说了根据本文公开的某些方面的可被用于仿真多相信号的编码方案的示例。该编码方案可被用于对连接器的模拟行为以及在该连接器上传送的信号的行为进行建模。表2涉及应用该编码方案以对可被动态地重新配置以传导多相信号、低功率二进制信号或另一类型的信号的信号导线510a、510b或510c进行建模。表2中详细说明了示例涉及可以携带3相信号、低功率二进制数字信号、或被置于高阻抗或“无所谓”状态的信号导线510a、510b或510c。

[0094] 数字信号可以被编码在二进制主位(‘P’)中以表示模拟导线的物理连接,而虚拟信号可以被编码在HS_mid_level(HS_中间_电平)与高速使能(HS_en)位中。例如,P可被用于针对所仿真的信号导线510a、510b或510c来编码活跃或非活跃信令状态。非活跃状态可对应于0伏状态,而活跃状态可包括具有非零电压电平的多个电压状态(V_{信号})。所仿真信号导线510a、510b或510c可以根据不同的信令方案被驱动,并且V_{信号}的电压电平可以由其它位确定的多个不同电平之一,包括分别确定中间电平状态是否在高速模式中被要求、以及哪个可用中间电平状态被选择的HS_en以及一个或多个HS_mid_level位。

[0095] 在一个示例中,当链路作为三相链路来操作时,虚拟信号可包括被设置为逻辑‘1’以指示高速多相操作的HS_en位、以及可被用于指示中间电平电压何时被选择的单个HS_mid_level位。在表1中示出的示例中,当主位P=1时,HS_mid_level=1选择V_{信号}=+V/2,并且当主位P=1时,HS_mid_level=0选择V_{信号}=+V。在三相操作模式中,被设置为P=0的主位选择V_{信号}=0伏。在一些实例中,电压的其它组合可被用于提供3相信号,包括电压集合{-V, 0, +V},并且由主位‘P’的不同组合选择的电压以及HS_mid_level位可以被仿真器相应地解读。

[0096] 在另一示例中,当链路在低功率模式中操作时,所仿真信号可以在两个二进制状态之间切换。在这一模式中,HS_en位可以被设置为逻辑‘0’以指示低速二进制操作而HS_mid_level可以被忽略。相应地,主位P在对应于二进制逻辑状态‘0’和‘1’的这两个电压状态之间进行选择。

[0097] 在另一示例中,当链路被置于高阻抗模式中或连接器的状态不被监视或以其他方式被连接到连接器的电路系统使用时,主位、HS_en和HS_mid_level位的状态可以被忽略和/或任意指派。

[0098] 根据本文描述的某些方面,与连接链路中的每一连接器相关联的虚拟信号(HS_en和HS_mid_level)的集合可以在仿真期间从源传播到阱。在3相应用中,数字信号{HS_mid_level,P}可被用于编码集合{0,+V/2,+V}的三个值,但也可采用虚拟信号和电压电平的其它置换。

[0099] 在一些实例中,虚拟信号可被用于对图5中解说的接收机电路中的连接器和信号的行为进行建模。例如,差分线接收机502a、502b和502c的输出504a、504b和504c中的每一者可以在图8的图表800中描绘的四个电压电平(-V、-V/2,+V,+V/2)之间切换。

[0100] 多相信号的某些行为可以通过将不同的电压电平或电压状态与至或自该信号状态的上升时间或上升时间速率相关联来进行建模。在一个示例中并且如本文所讨论的,向未驱动电压状态转变的信号的电压电平可以比向被驱动电压状态转变的信号的电压电平更慢地改变。出于仿真的目的,上升时间可以被表征为标准延迟,并且差别可以使用可被加性地或乘性地应用于标准延迟的参数来进行建模。在另一示例中,虚拟信号可以表征通信链路中的物理连接的高阻抗和/或未定义状态,如为准许对物理连接的不同配置的仿真所期望的那样。

[0101] 图9是解说能够对通信链路中的连接器的模拟行为进行建模和仿真的处理电路或系统902的示例900的简化框图。处理电路902可包括仿真工具904,仿真工具904包括仿真数字系统或数字组件914的行为的软件。仿真工具904可被用于在制造之前验证硬件以验证功能性。根据本文所述的某些方面的仿真工具904可以对连接器的模拟行为以及在连接器上传送的信号进行建模。

[0102] 处理电路902可包括各种类型的硬件和操作系统。在一个示例中,处理电路902可以从单板型计算机来适配,诸如控制器或刀片服务器、台式计算机、基于Windows的系统、基于Unix的系统、Sun Solaris系统、基于Linux的系统、具有多个计算设备的分布式系统等。仿真工具904可以被实现为与一个或多个处理电路902协作或者在一个或多个处理电路902上执行的硬件和软件的某种组合。仿真工具904可包括一个或多个可执行程序、库、和/或数据集。

[0103] 除了通信链路外,仿真工具904还可被用于仿真数字系统和/或数字组件。例如,仿真工具904可被用于仿真蜂窝电话中的数字电路系统。仿真工具904可以建模或以其它方式表示数字组件和/或框914。数字组件914可包括集成电路器件、晶体管、数字逻辑构建块(诸如逻辑门)等。仿真工具904可以建模或以其它方式表示通信链路的一个或多个连接器910、或某些数字组件914之间的互连。仿真工具904可以建模或以其它方式表示一个或多个信号912,包括在通信链路的连接器910、或某些数字组件914之间的互连上传送的信号。仿真工具904可以建模或以其它方式表示其它组件,包括一个或多个时钟信号或周期、无源模拟组

件等。仿真工具904可以建模或以其它方式表示一个或多个调度器916,一个或多个调度器916可被用于仿真数字组件914、信号912和/或连接器910使用的时钟信号或周期。

[0104] 图10是解说根据本发明的某些方面的编码方法的流程图。该方法可由仿真工具或测试设备来执行。

[0105] 在步骤1002,该设备可以生成表示通信链路中的物理连接的数字信号。

[0106] 在步骤1004,该设备可以生成表征在物理连接上传送的三相信号的虚拟信号。在一个示例中,该通信链路包括三个物理连接,在选择了活跃操作模式时每一物理连接传达该三相信号的不同相位。在处于非活跃操作模式时,这三个物理连接中的每一物理连接可以处于高阻抗状态。

[0107] 在步骤1006,该设备可以将虚拟信号配置成对该物理连接的一个或多个模拟特性进行建模。模拟特性可包括定义该三相信号的电压状态。该物理连接的模拟特性可包括对应于该三相信号的信令状态的至少三个电压状态。这些电压状态可包括至少三个有效电压状态。每一种电压状态可对应于关联于该物理连接的电压电平。

[0108] 根据某些方面,该至少三个有效电压状态之一包括未驱动状态。当通信链路处于活跃操作模式时,该通信链路中的仅一个物理连接可以有效地处于未驱动状态。该虚拟信号可以在该物理连接的一个或多个操作模式之间进行选择。当选择了非活跃操作模式时,该物理连接可以处于高阻抗状态或未定义状态。这些操作模式包括高速模式和低速模式。该数字信号可包括在第一电压状态和第二电压状态之间进行选择的第一二进制位。第二电压状态的电压电平由该虚拟信号选择。

[0109] 根据某些方面,该三相信号可以在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换。第一电压状态可以被定义为最小电压电平。第二电压状态的电压电平可以被虚拟信号选为最大电压电平或大于最小电压电平但小于最大电压电平的中间电压电平。

[0110] 根据某些方面,该三相信号在由最大电压电平和最小电压电平限界的电压范围内切换。第一电压状态可以被定义为最大电压电平。第二电压状态的电压电平可以被该虚拟信号选为最小电压电平或大于最小电压电平且小于最大电压电平的中间电压电平。

[0111] 根据某些方面,当通信链路在高速模式中操作时,该虚拟信号表征该物理连接的模拟行为,这些模拟行为是与当该通信链路在低速操作模式中操作时该物理连接的模拟行为不同的模拟行为。该物理连接的模拟行为可包括该物理连接上的诸信号状态之间的上升时间或上升时间速率。

[0112] 图11是解说采用处理电路1102的设备的硬件实现的简化示例的示图1100。处理电路1102可以用由总线1120一般化地表示的总线架构来实现。取决于处理电路1102的具体应用和整体设计约束,总线1120可包括任何数目的互连总线和桥接器。总线1120将包括一个或多个处理器和/或硬件模块(由处理器1116、模块或电路1104、1106、1108、1112以及计算机可读存储介质1118表示)的各种电路链接在一起。总线1120还可链接各种其他电路,诸如定时源、外围设备、稳压器和功率管理电路,这些电路在本领域中是众所周知的,且因此将不再进一步描述。

[0113] 处理器1116可包括微处理器、控制器、数字信号处理器、定序器、状态机等。处理器1116负责一般性处理,包括执行存储在计算机可读存储介质1116上的软件。该软件在由处理器1116执行时使处理电路1102执行上文针对任何特定装置描述的各种功能。计算机可读

存储介质1118还可被用于存储由处理器1116在执行软件时操纵的数据。处理电路1102进一步包括模块1104、1106和1108中的至少一个模块。模块1104、1106和/或1108可以是在处理器1116中运行的软件模块、驻留/存储在计算机可读存储介质1118中、是耦合至处理器1116的一个或多个硬件模块、或是其某个组合。

[0114] 在一种配置中,装置1100包括用于生成表示通信链路中的物理连接的数字信号的模块或电路系统1104,用于生成表征在该物理连接上传送的三相信号的虚拟信号的模块或电路系统1106,用于将该虚拟信号配置成对该物理连接的一个或多个模拟特性进行建模的模块或电路系统1108。

[0115] 应理解,所公开的过程中各步骤的具体次序或层次是示例性办法的解说。应理解,基于设计偏好,可以重新编排这些过程中各步骤的具体次序或层次。所附方法权利要求以示例次序呈现各种步骤的要素,且并不意味着被限定于所给出的具体次序或层次。

[0116] 提供先前描述是为了使本领域任何技术人员均能够实践本文中所描述的各种方面。对这些方面的各种改动将容易为本领域技术人员所明白,并且在本文中所定义的普适原理可被应用于其他方面。因此,权利要求并非旨在被限定于本文中所示出的方面,而是应被授予与语言上的权利要求相一致的全部范围,其中对要素的单数形式的引述除非特别声明,否则并非旨在表示“有且仅有一个”,而是“一个或多个”。除非特别另外声明,否则术语“一些”指的是一个或多个。本公开通篇描述的各种方面的要素为本领域普通技术人员当前或今后所知的所有结构上和功能上的等效方案通过引述被明确纳入于此,且旨在被权利要求所涵盖。此外,本文中所公开的任何内容都并非旨在贡献给公众,无论这样的公开是否在权利要求书中被显式地叙述。没有任何权利要求元素应被解释为装置加功能,除非该元素是使用短语“用于……的装置”来明确叙述的。

100 ↗

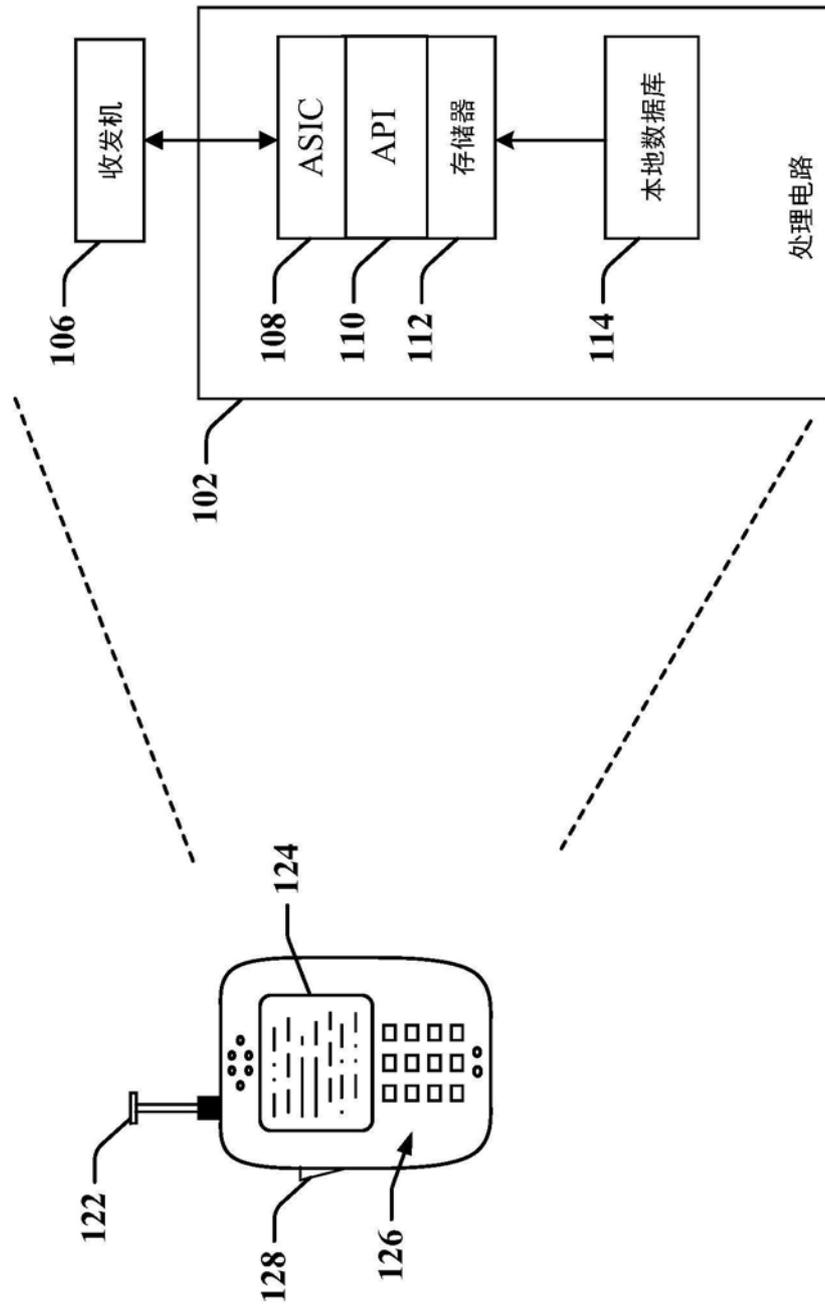


图1

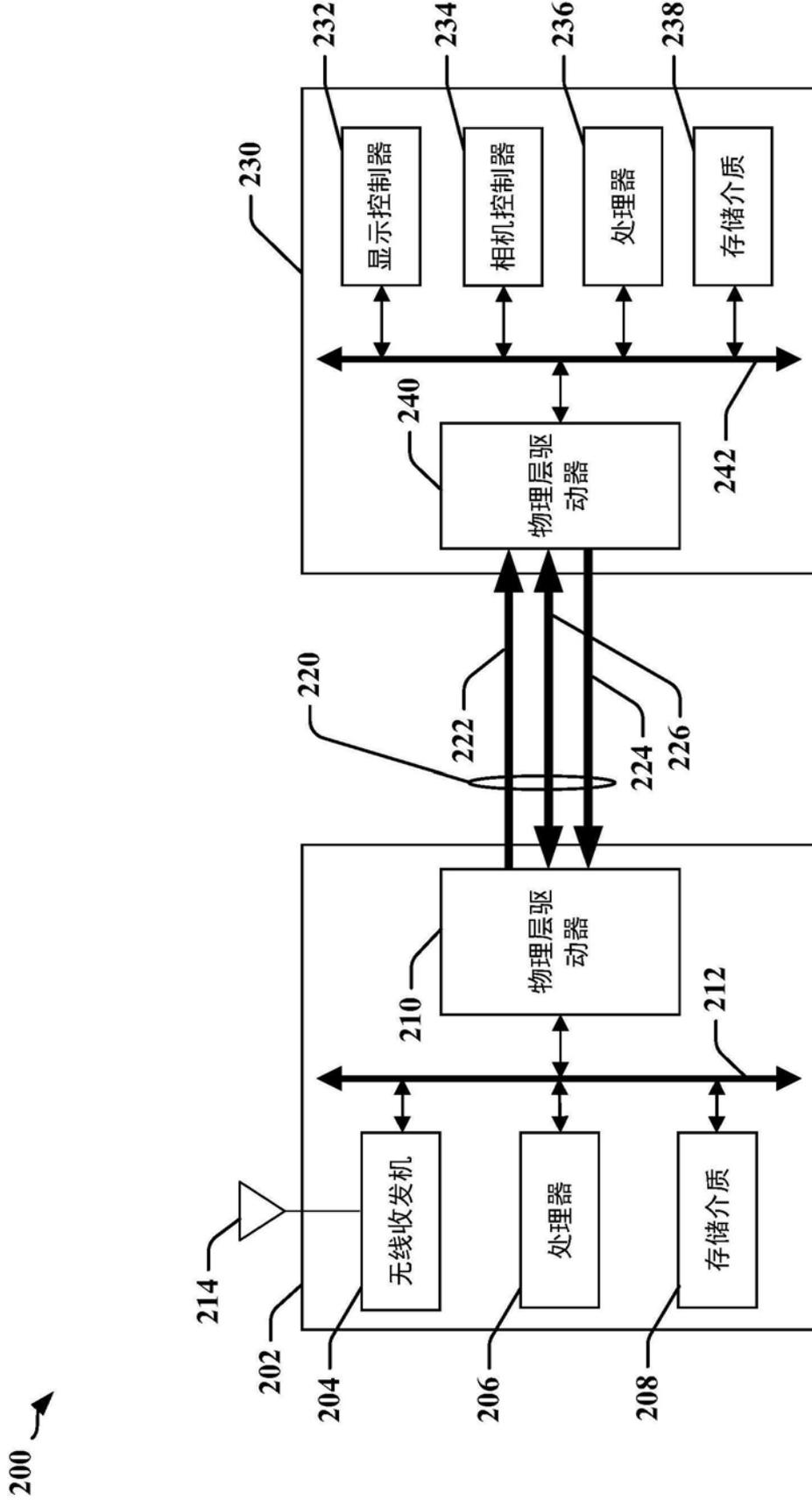


图2

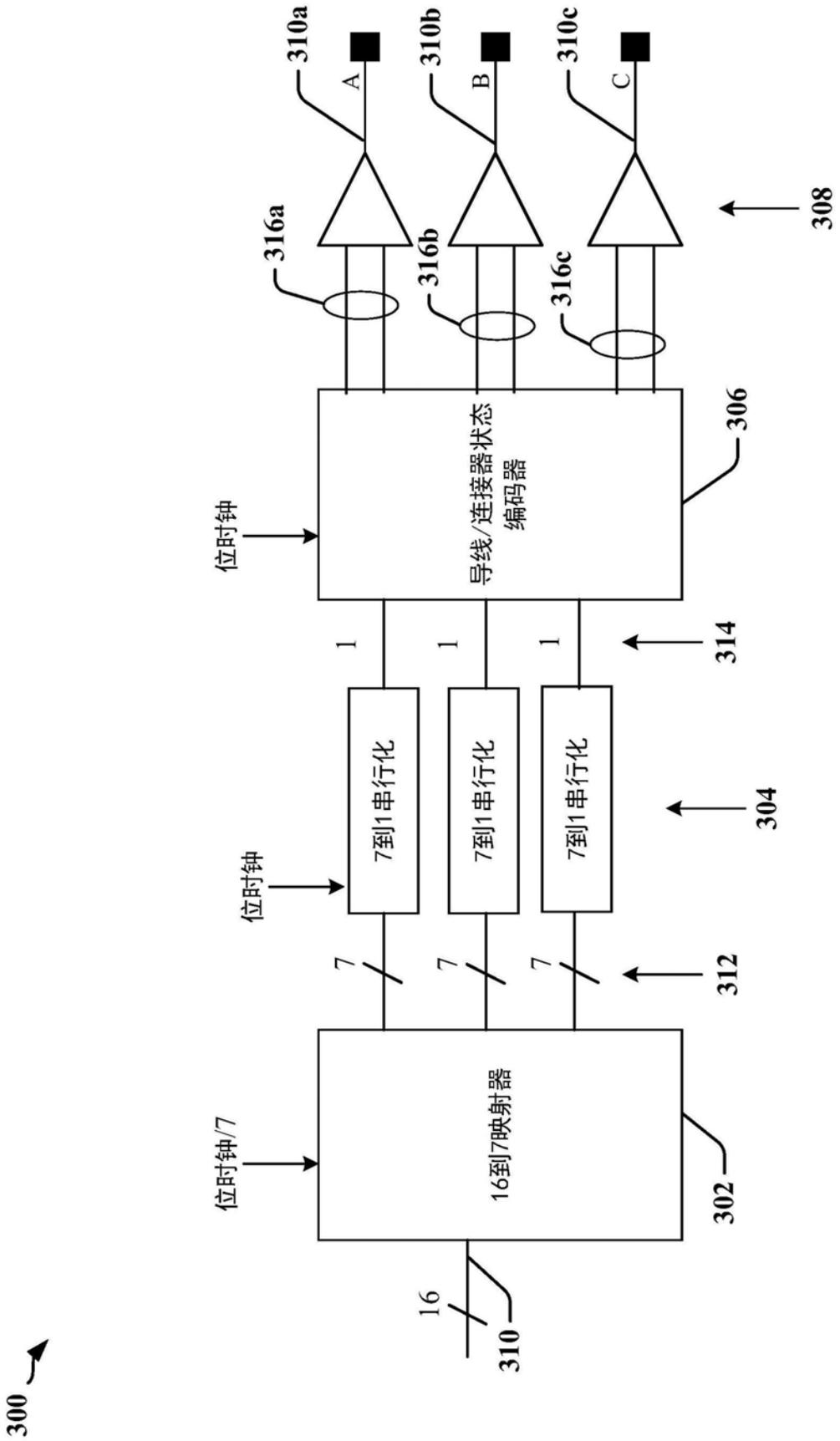


图3

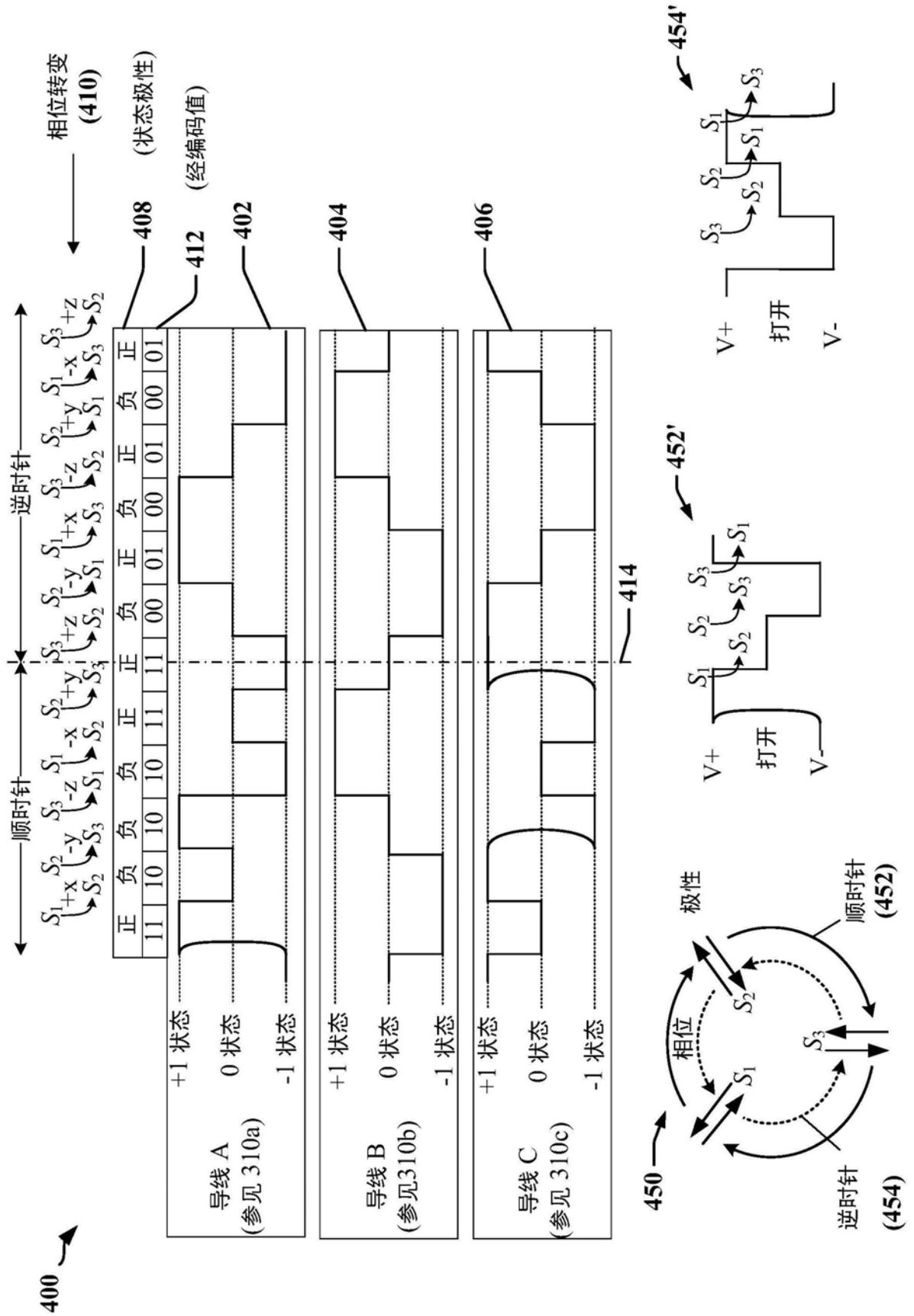


图4

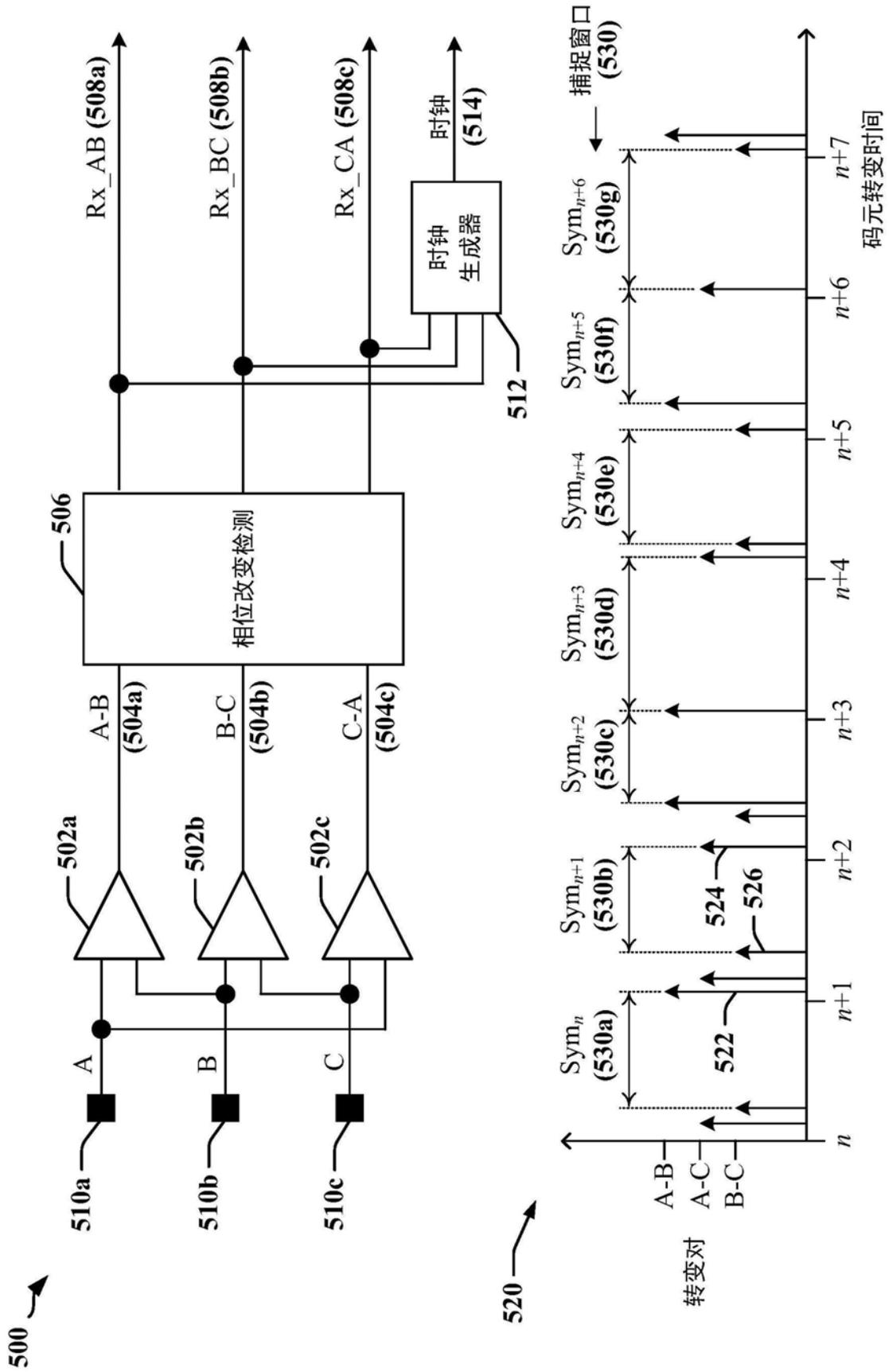
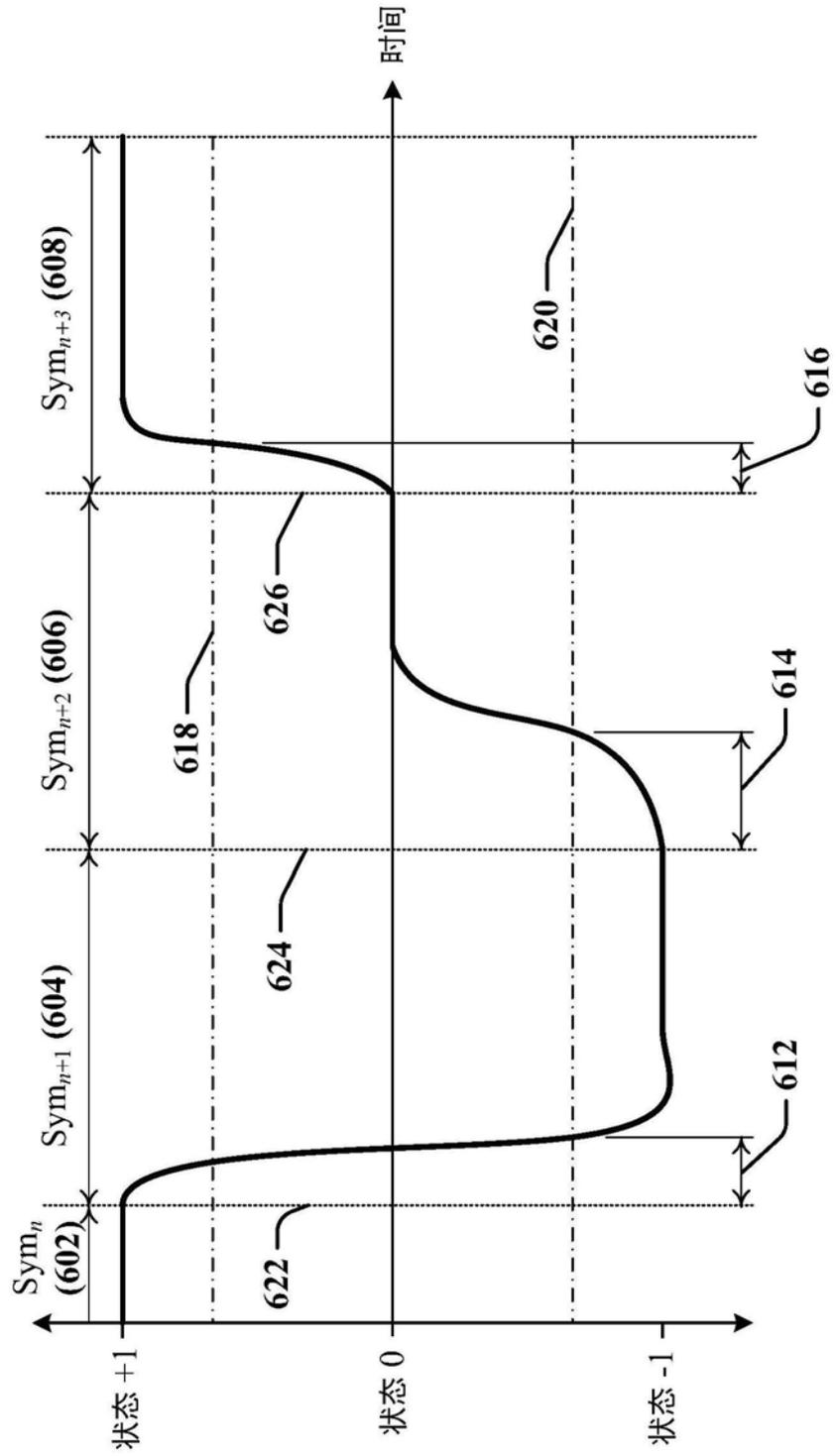


图5



600 ↗

图6

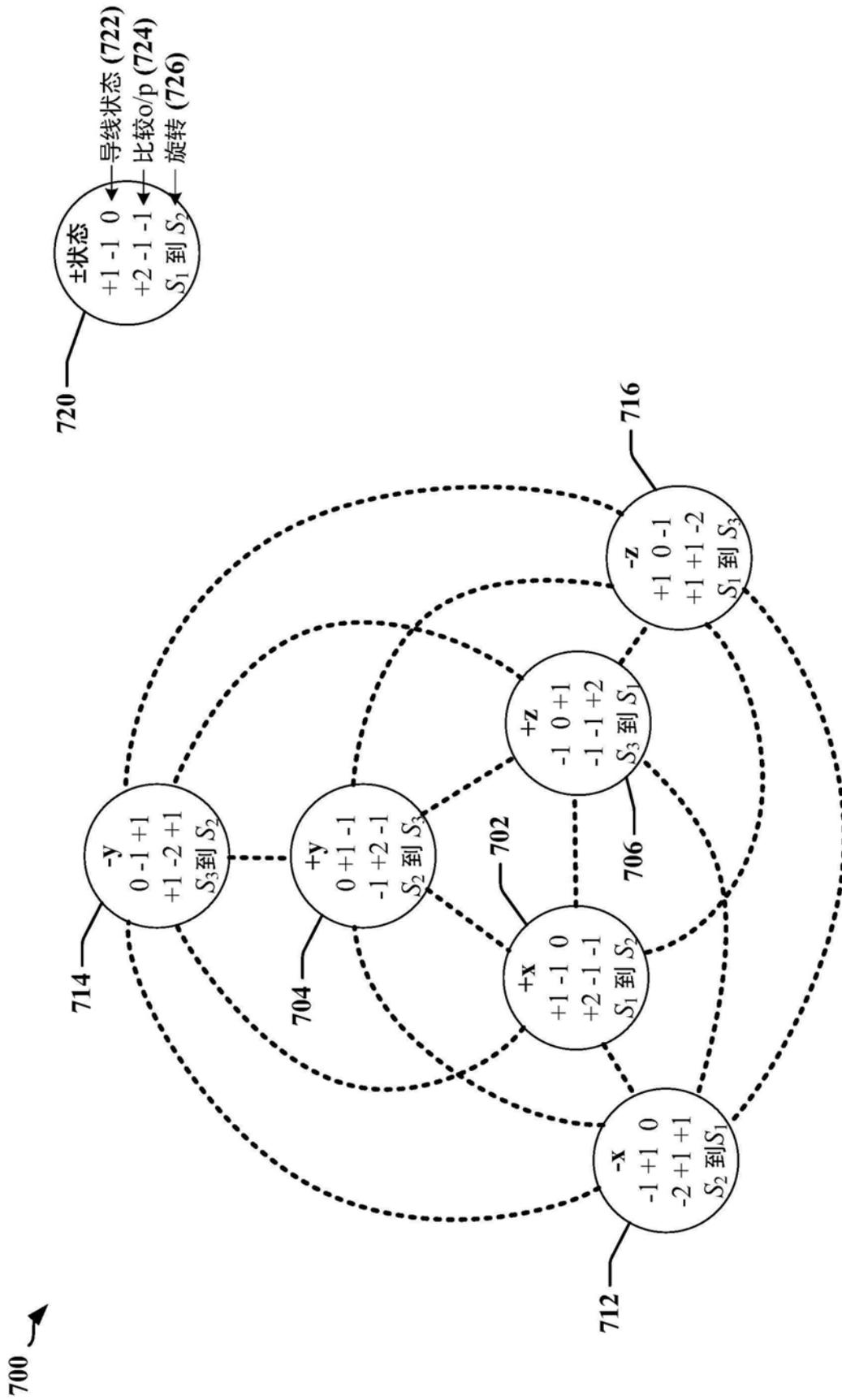


图7

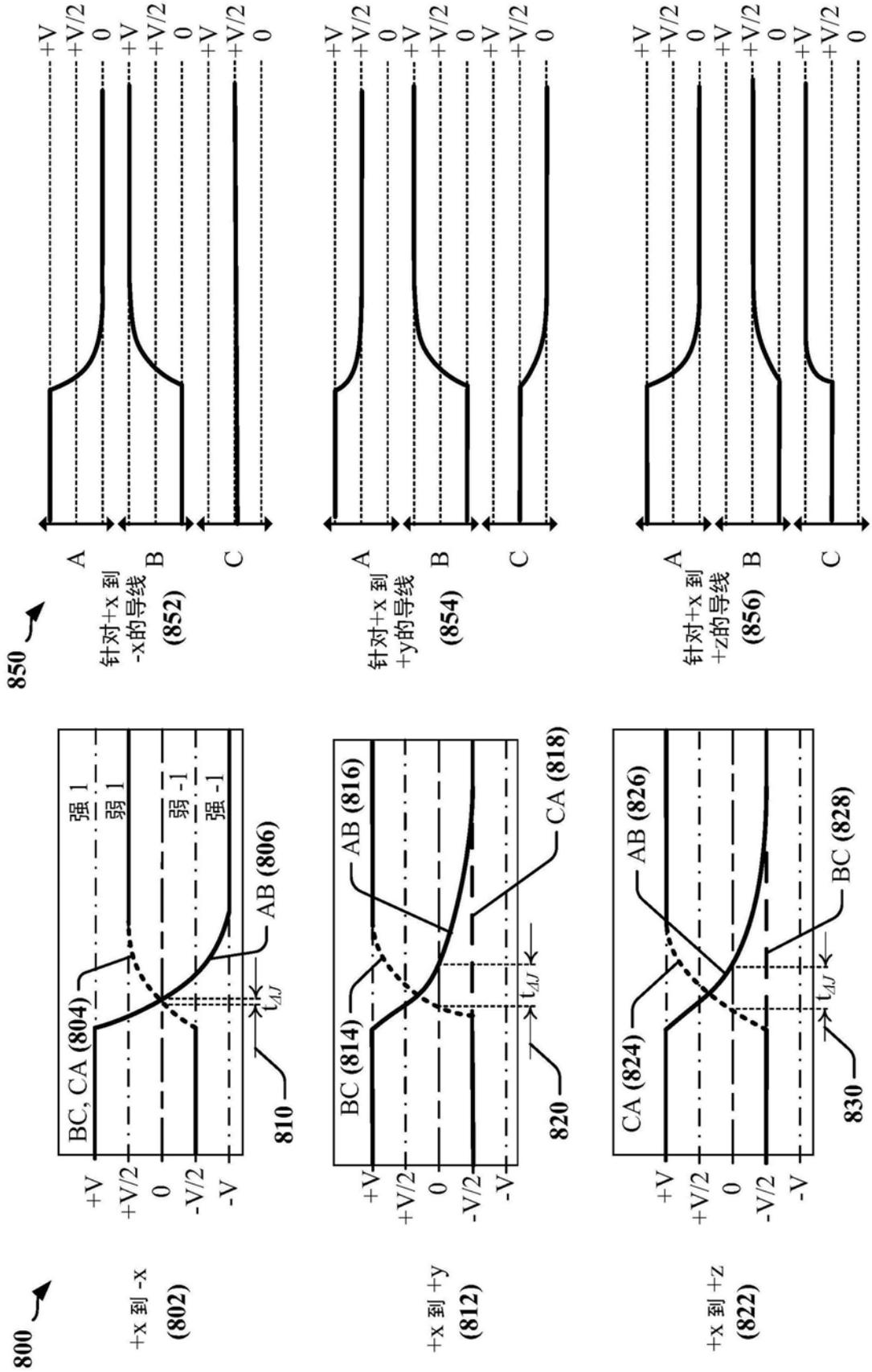


图8

900 ↗

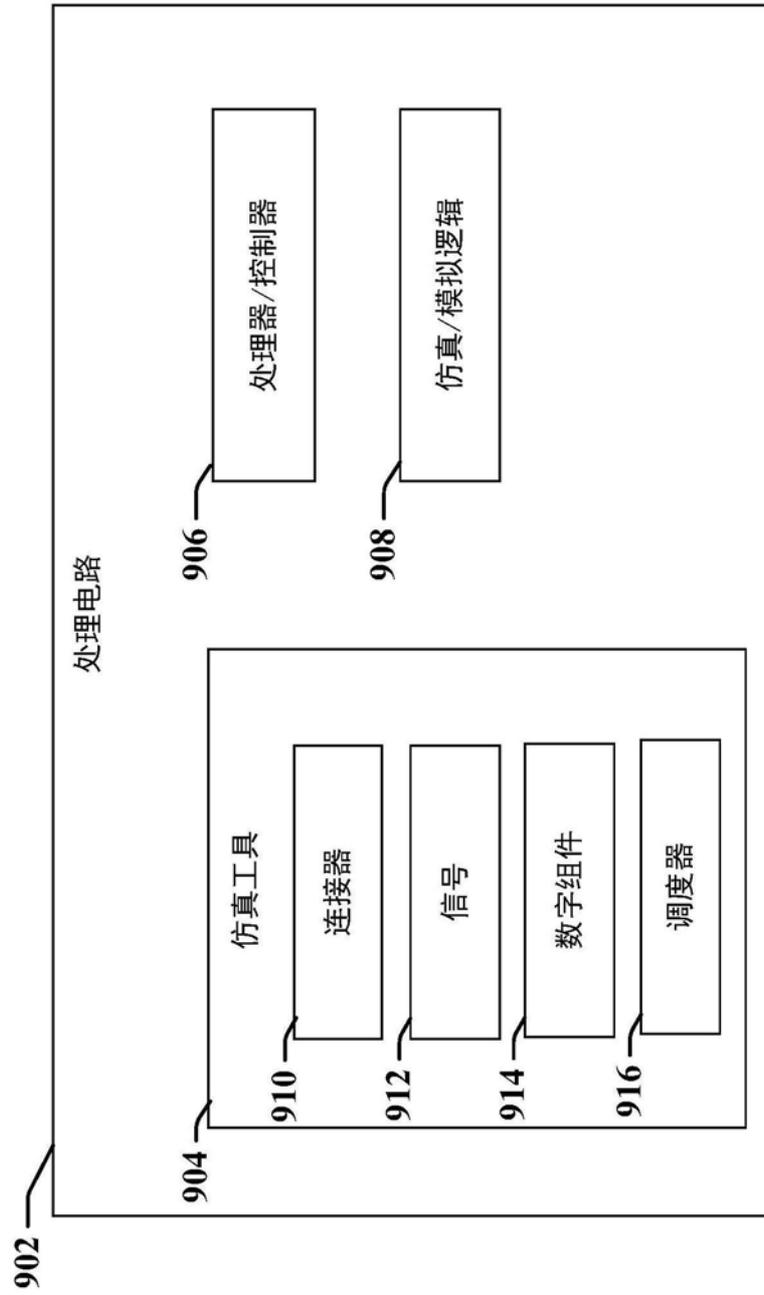


图9

1000 ↗

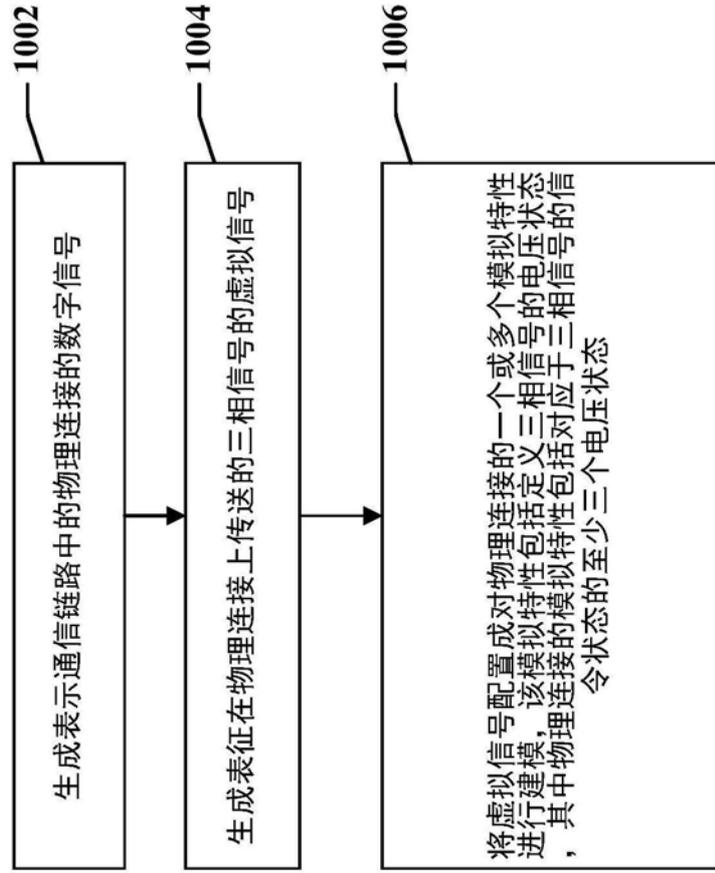


图10

1100 ↗

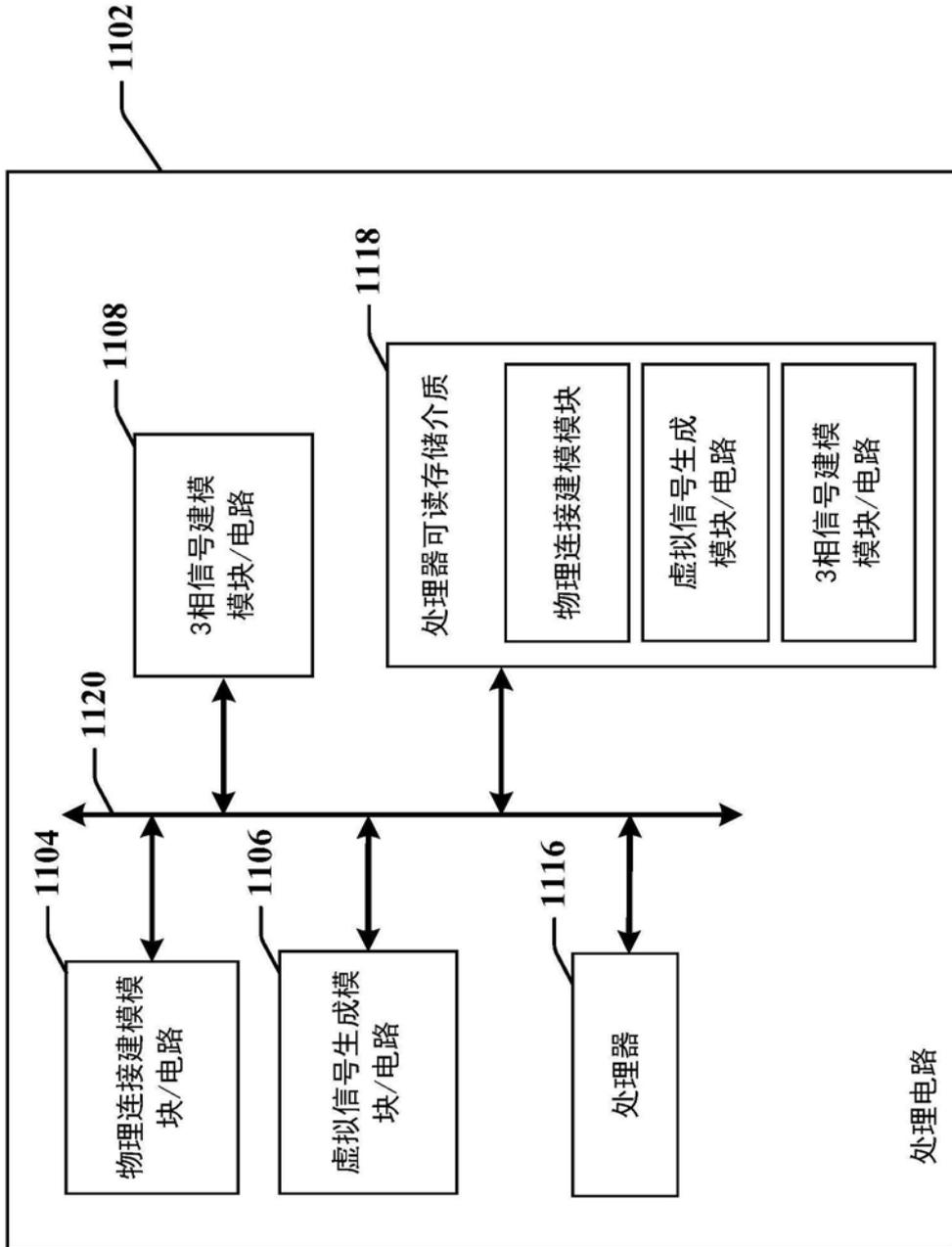


图11