

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04L 25/06 (2006.01)

H03K 5/156 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780007970.2

[43] 公开日 2009年3月25日

[11] 公开号 CN 101395876A

[22] 申请日 2007.2.9

[21] 申请号 200780007970.2

[30] 优先权

[32] 2006.3.8 [33] DE [31] 102006011059.5

[86] 国际申请 PCT/EP2007/051264 2007.2.9

[87] 国际公布 WO2007/101767 德 2007.9.13

[85] 进入国家阶段日期 2008.9.5

[71] 申请人 罗伯特·博世有限公司

地址 德国斯图加特

[72] 发明人 A·-J·罗哈特谢克

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 卢江 刘春元

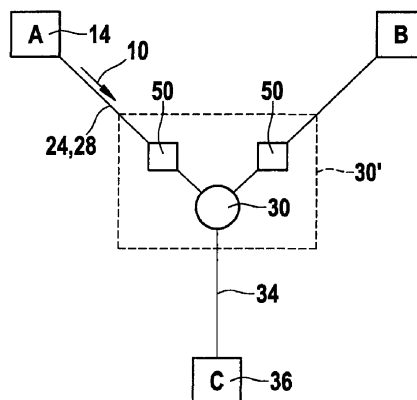
权利要求书 5 页 说明书 14 页 附图 7 页

## [54] 发明名称

用于补偿非对称延迟的方法和系统

## [57] 摘要

本发明涉及一种用于在数据传输系统的发送用户(14)和接收用户(36)之间通过数据传输系统的网络结构(24-34)传输编码在信号(10)中的数据的方法和数据传输系统。编码在信号(10)中的数据在具有特定结构的数据帧中以位的方式串行传输。在接收用户(36)中扫描编码在信号中的数据的每一位。该信号(10)由于通过网络结构(24-34)的传输而被非对称地延迟,为了补偿在传输信道的物理层上的非对称延迟,建议在所述网络结构(24-34)中的至少一个点上确定该信号(10)的非对称延迟,并且在所述接收用户(36)扫描编码在该信号(10)中的数据位之前,就至少部分地补偿该非对称延迟。为了测量和补偿非对称延迟提出一种测量和补偿装置(50)。



1. 一种用于在数据传输系统的发送用户(14)和接收用户(36)之间通过数据传输系统的网络结构(24-34)传输编码在信号(10)中的数据的方法,其中编码在信号(10)中的数据在具有特定结构的数据帧中以位的方式串行传输,在接收用户(36)中扫描编码在信号中的数据的每一位,该信号(10)由于通过网络结构(24-34)的传输而被非对称地延迟,其特征在于,在所述网络结构(24-34)中的至少一个点上确定该信号(10)的非对称延迟,并且在所述接收用户(36)扫描编码在该信号(10)中的数据位之前,就至少部分地补偿该非对称延迟。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述信号(10)的非对称延迟在数据传输之前就确定,并在数据传输期间加以补偿。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述信号(10)的非对称延迟在交货时就确定、存储,和又被调用来进行补偿。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述信号(10)的非对称延迟借助准备采用的数据传输系统来确定、存储,和又被调用来进行补偿。

5. 根据权利要求3或4所述的方法,其特征在于,对所述非对称延迟进行估计、建模或测量。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述信号(10)的非对称延迟在数据传输期间被确定和补偿。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,确定和补偿所述信号(10)的非对称延迟在时间上尽可能接近地执行,优选连续地进行。

8. 根据权利要求6或7所述的方法,其特征在于,对所述非对称延迟进行估计、建模或测量。

9. 根据权利要求6或7所述的方法,其特征在于,借助在所述数据传输系统所使用的传输协议中强制设置的信号(10)从上升到下降边缘或从下降到上升边缘的变换的距离来测量所述非对称延迟。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,测量数据帧的帧起始序列(FSS)的上升边缘(74)和字节起始序列(BSS)的下降边缘(76)之间的距离(72)。

11. 根据权利要求 1 至 10 之一所述的方法, 其特征在于, 借助所确定的非对称延迟确定合适的延迟值 ( $\tau$ ), 以便至少部分地补偿所述非对称延迟, 所述延迟值 ( $\tau$ ) 是由于通过网络结构 (24-34) 传输而被较弱延迟的信号边缘所必须被延迟的值。

12. 根据权利要求 11 所述的方法, 其特征在于, 所述延迟值 ( $\tau$ ) 借助组合学或合适的计算算法通过所确定的非对称延迟来确定。

13. 根据权利要求 11 或 12 所述的方法, 其特征在于, 将所确定的延迟值 ( $\tau$ ) 输入可编程的延迟单元 (52), 该延迟单元设置在所述网络结构 (24-34) 中的任意位置上, 但是在任何情况下都在发送用户 (14) 对将要传输的信号 (10) 编码之后以及在接收用户 (36) 对该信号 (10) 解码之前, 通过该延迟单元将由于通过网络结构 (24-34) 传输而被较弱延迟的信号边缘延迟所述延迟值 ( $\tau$ )。

14. 根据权利要求 1 至 13 之一所述的方法, 其特征在于, 用至少 1ns 的精度, 优选 0.5ns 或 0.1ns 的精度延迟由于通过网络结构 (24-34) 传输而被较弱延迟的信号边缘。

15. 一种设置在数据传输系统的网络结构 (24-34) 中的任意点上的装置 (50), 其中该数据传输系统具有多个用户 (14, 36), 设置在所述用户 (14, 36) 之间的网络结构 (24-34), 以及用于通过网络结构 (24-34) 在发送用户 (14) 和接收用户 (36) 之间用具有特定结构的数据帧按照位的方式串行地传输编码在信号 (10) 中的数据的装置, 所述通过网络结构的数据传输使得所述信号 (10) 发生了非对称延迟, 而且在数据传输系统的接收用户 (36) 中设置用于扫描编码在所述信号 (10) 中的数据的每一位的装置 (60), 其特征在于, 所述装置 (50) 设置在接收用户 (36) 中的用于扫描的装置 (60) 之前, 并且具有用于测量和部分地补偿所述信号 (10) 的非对称延迟的装置。

16. 根据权利要求 15 所述的装置 (50), 其特征在于, 所述装置 (50) 具有用于执行根据权利要求 6 至 14 之一的的方法的装置。

17. 一种用于传输编码在信号 (10) 中的数据的数据传输系统, 其中该数据传输系统具有多个用户 (14, 36), 设置在所述用户 (14, 36) 之间的网络结构 (24-34), 以及用于通过网络结构 (24-34) 在发送用户 (14) 和接收用户 (36) 之间用具有特定结构的数据帧按照位的方式串行地传输编码在信号 (10) 中的数据的装置, 所述通过网

络结构(24-34)的数据传输使得所述信号(10)发生了非对称延迟,而且在接收用户(36)中设置用于扫描编码在所述信号(10)中的数据的每一位的装置(60),其特征在于,在用于扫描的装置(60)之前的网络结构(24-34)中的至少一个点上,设置用于测量和至少部分地补偿所述信号(10)的非对称延迟的装置(50)。

18. 根据权利要求17所述的数据传输系统,其特征在于,所述网络结构(24-34)包括有源和/或无源的元件,尤其是一个或多个以下部件:连接线路(24, 28, 34),传输器,扼流圈,通信控制器(16, 38),发送接收装置(46),电平转换器,有源星形(26, 30),结束电阻,用于结束分流的电容。

19. 根据权利要求17或18所述的数据传输系统,其特征在于,所述用于测量和补偿的装置(50)具有用于执行根据权利要求6至14之一的方法的装置。

20. 一种用于传输编码在信号(10)中的数据的数据传输系统的用户(36),其中该数据传输系统具有多个用户(14, 36),设置在所述用户(14, 36)之间的网络结构(24-34),以及用于通过网络结构(24-34)在发送用户(14)和接收用户(36)之间用具有特定结构的数据帧按照位的方式串行地传输编码在信号(10)中的数据的装置,所述通过网络结构(24-34)的数据传输使得所述信号(10)发生了非对称延迟,而且在接收用户(36)中设置用于扫描编码在所述信号(10)中的数据的每一位的装置(60),其特征在于,所述用户(36)在用于扫描的装置(60)之前具有用于测量和至少部分地补偿所述信号(10)的非对称延迟的装置(50)。

21. 根据权利要求20所述的用户(36),其特征在于,所述用于测量和补偿的装置(50)具有用于执行根据权利要求6至14之一的方法的装置。

22. 一种用于传输编码在信号(10)中的数据的数据传输系统的接收用户(36)的通信控制器(38),其中该数据传输系统具有多个用户(14, 36),设置在所述用户(14, 36)之间的网络结构(24-34),以及用于通过网络结构(24-34)在发送用户(14)和接收用户(36)之间用具有特定结构的数据帧按照位的方式串行地传输编码在信号(10)中的数据的装置,所述通过网络结构(24-34)的数据传输使得

所述信号(10)发生了非对称延迟,而且在数据传输系统的接收用户(36)的通信控制器(38)中设置用于扫描编码在所述信号(10)中的数据的每一位的装置(60),其特征在于,所述通信控制器(38)在用于扫描的装置(60)之前具有用于测量和至少部分地补偿所述信号(10)的非对称延迟的装置(50)。

23. 根据权利要求 22 所述的通信控制器(38),其特征在于,所述用于测量和补偿的装置(50)具有用于执行根据权利要求 6 至 14 之一的的方法的装置。

24. 一种用于传输编码在信号(10)中的数据的数据传输系统的接收用户(36)的发送接收单元(46),其中该数据传输系统具有多个用户(14, 36),设置在所述用户(14, 36)之间的网络结构(24-34),以及用于通过网络结构(24-34)在发送用户(14)和接收用户(36)之间用具有特定结构的数据帧按照位的方式串行地传输编码在信号(10)中的数据的装置,所述通过网络结构(24-34)的数据传输使得所述信号(10)发生了非对称延迟,而且在接收用户(36)中设置用于扫描编码在所述信号(10)中的数据的每一位的装置(60),其特征在于,所述发送接收单元(46)在用于扫描的装置(60)之前具有用于测量和至少部分地补偿所述信号(10)的非对称延迟的装置(50)。

25. 根据权利要求 24 所述的发送接收单元(46),其特征在于,所述用于测量和补偿的装置(50)具有用于执行根据权利要求 6 至 14 之一的的方法的装置。

26. 一种设置在用于传输编码在信号(10)中的数据的数据传输系统的网络结构中的有源星形(26, 30, 30'),其中该数据传输系统具有多个用户(14, 36),设置在所述用户(14, 36)之间的网络结构(24-34),以及用于通过网络结构(24-34)在发送用户(14)和接收用户(36)之间用具有特定结构的数据帧按照位的方式串行地传输编码在信号(10)中的数据的装置,所述通过网络结构(24-34)的数据传输使得所述信号(10)发生了非对称延迟,而且在接收用户(36)中设置用于扫描编码在所述信号(10)中的数据的每一位的装置(60),其特征在于,所述有源星形(26, 30, 30')在用于扫描的装置(60)之前具有用于测量和至少部分地补偿所述信号(10)的非对称延迟的装置(50)。

---

27. 根据权利要求 26 所述的所述有源星形 (26, 30, 30'), 其特征在于, 所述用于测量和补偿的装置 (50) 具有用于执行根据权利要求 6 至 14 之一的的方法的装置。

## 用于补偿非对称延迟的方法和系统

### 技术领域

本发明涉及一种用于在数据传输系统的发送用户和接收用户之间通过数据传输系统的网络结构传输编码在信号中的数据的方法。编码在信号中的数据在具有特定结构的数据帧中以位的方式串行传输。在接收用户中扫描编码在信号中的数据的每一位。该信号由于通过网络结构的传输而被非对称地延迟。本发明还涉及一种按照权利要求 15 的前序部分，设置在数据传输系统的网络结构中的任意点上的装置。此外，本发明还涉及按照权利要求 17 的前序部分传输编码在信号中的数据的系统。此外，本发明还涉及按照权利要求 20 的前序部分用于传输编码在信号中的数据的数据传输系统的用户，按照权利要求 22 的前序部分用于传输编码在信号中的数据的数据传输系统的接收用户的通信控制器，按照权利要求 24 的前序部分用于传输编码在信号中的数据的数据传输系统的接收用户的通信控制器的发送接收单元，以及按照权利要求 26 的前序部分设置在用于传输编码在信号中的数据的数据传输系统的网络结构中的有源星形。

### 背景技术

借助通信系统和例如按照总线系统形式的通信连接来联网控制设备、传感器和执行器，在过去几十年中越来越多地应用于现代汽车的制造以及机械制造，尤其是在机床领域，和自动化领域。就此可以实现通过将功能分配给多个控制设备的协作效应。人们将其称为分布式系统。

这种数据传输系统的不同用户之间的通信越来越多地通过总线系统进行。总线系统上的通信往来、访问和接收机制以及错误处理都通过协议调节。公知的协议例如是 FlexRay 协议，其中目前基于 FlexRay 协议规范 v2.1。FlexRay 是指快速的、确定的和容错的总线系统，尤其是用在汽车中。FlexRay 协议根据时分多路存取 (TDMA) 的原理工作，其中向用户或待传输的消息分配固定的时隙，在这些时隙中用户或待

传输的消息能够独家访问通信连接。时隙以固定的周期重复，从而可以精确预测消息通过总线传输的时刻，并确定的进行总线访问。

为了最佳地使用总线系统的带宽来传输消息，FlexRay 将周期分为静止部分和动态部分。固定的时隙位于总线周期开始时的静止部分中。在动态部分中动态地预定时隙。其中只能短暂地独家访问总线，也就是在至少一个所谓最小时隙的持续时间内独家访问总线。仅当在一个最小时隙内进行了总线访问，该时隙才被延长所需的时间。由此仅当带宽也被实际需要时才消耗带宽。

FlexRay 通过一个或两个物理上分开的线路通信，该线路分别具有最大 10Mbit/sec 的数据率。当然 FlexRay 还可以用更低的数据率运行。两个信道在此相当于物理层，尤其是所谓的 OSI（开放系统体系）层模型的物理层。信道主要用于冗余地以及容错地传输消息，但是还可以传输不同的消息，由此数据率加倍。还可以考虑由通过两个线路传输的信号之差来得出通过连接线路传输的信号。物理层构成为，使得物理层可以通过线路对信号进行电的以及光学的传输，或者在其它路径上传输。

为了实现同步的功能和通过两个消息之间的小间距优化带宽，用户在通信网络中需要共同的时基，即所谓的全局时间。为了时钟同步，在周期的静止部分中传输同步消息，其中借助符合 FlexRay 规范的特殊算法校正用户的本地时钟，使得所有本地时钟都与全局时钟同步。

在通过这种总线系统传输数据或消息时会使脉冲失真，因为下降（高到低）和上升（低到高）边缘在传输路径上会被不同强度地延迟。如果在接收器中用接收器中具有的扫描时钟（所谓的采样率）对发送的脉冲多次（例如每一位  $n$  次）扫描，则扫描点的位置（即在  $n$  个扫描值中恰好选择一个）决定数据是被正确还是错误地扫描了。这在扫描时刻是信号的边缘以及有关于此还要在扫描时钟的多个周期内分析发送器的多个二进制数据值（位）时，尤其困难。在此除了脉冲失真之外，发送器和接收器之间的时钟频率偏差也是问题。在此可以预先处理待扫描的信号，以例如过滤掉短暂的干扰。这种过滤可以是按照时间顺序用多数判决（所谓的选举）来分析多个扫描信号。已经表明，不考虑不同传输路径上的非对称延迟而刚性地确定扫描时刻会产生问题。

信号的上升边缘和下降边缘之间的延迟也称为脉冲失真或非对称延迟。非对称延迟可以存在系统的和随机的原因。在 FlexRay 协议中，系统的延迟仅对上升边缘有影响，因为在下降边缘同步。随机延迟既对上升边缘又对下降边缘有影响，并且通过噪声过程或 EMV 抖动引起。原则上可以说，信号通过具有有源和无源网络元件（例如连接线路，传输器，扼流圈，通信控制器，发送接收装置或电平转换器（所谓的收发器），有源星形等）的网络结构传输会产生非对称的延迟，因为上升信号边缘和下降信号边缘被网络结构不同地传播。

通过刚性选择每一位的扫描时刻（例如在每一位  $n$  个扫描值时在  $n/2$ ，即在一位的中央），非对称失真的影响以及通过扫描造成的频率偏差和额外的时间差异都成为问题，并对传输信道提出了高要求。提高边缘陡度以减小非对称延迟虽然对于定时有优点，但是另一方面在技术上要求很高，因此要以更加昂贵的部件为前提，另外数据传输系统的 EMV 性能也受到不利的影响。因此有时边缘陡度不选择那么高更为有利，但是根据不同的脉冲失真会遇到在一个或另一个位边缘分析出错误数据的危险。

此外，在实现 FlexRay 数据传输系统时，尤其是在包括具有多个星形耦合器和无源部件的网络结构的复杂系统中，已经表明这里出现的非对称延迟时间很长，以至于该延迟时间超过了 FlexRay 协议预定的时间预算。按照 FlexRay 协议，用下降 BSS（位起始序列）边缘同步扫描计数器，也就是复位到 1。在计数器计数状态为 5 时扫描。在目前在 FlexRay 中设置的 8 倍过扫描（所谓的过采样）时，在扫描时刻（第 5 个扫描值）和第 8 个扫描值之间还存在 3 个扫描时钟，这些扫描时钟在通信控制器时钟为 80MHz 时分别等于 12.5ns，加起来就是时间预算 37.5ns。该时间预算实际上用于平衡由于从下降边缘陡度到上升边缘陡度的差异而产生的非对称延迟。但是，如果象在复杂的网络拓扑或网络结构中那样非对称延迟超过预定的时间预算，则会导致在第 5 个扫描时钟（计数器计数状态为 5）扫描时会获得错误的值，因为实际应当被扫描的位由于非对称延迟已经出现在更早的时刻，并且由于边缘更换提早而不会再出现。类似的处理也适用于向后的非对称延迟。由此提供等于 50ns 的 4 个扫描时钟的时间预算。向前或向后超过时间预算会导致解码错误，也就是会接收错误的数据。

该解码错误虽然可以通过适当的错误识别算法识别，从而可以重新传输位或者重新传输整个数据帧，作为错误识别算法例如可以采用循环冗余检查（CRC）。但是经常使用错误识别算法的缺点是由此带来的数据传输系统的可用性降低。

总之，通过 FlexRay 协议会做出物理层至少在复杂的网络结构中不能保持的规定。

由另一个已经申请但还未公开的德国专利申请 102005037263 以及另一个已经申请但还未公开的德国专利申请 102005060903，描述了如何减小由于传输信号的非对称延迟而导致的解码错误的概率，并且如何提高数据传输系统抵抗非对称延迟的稳定性。在这两种情况下都建议更改接收用户的通信控制器的逻辑层。尤其是在 DE102005060903 中，建议在接收用户的通信控制器中测量接收信号的非对称延迟，并且不是用固定的扫描时刻，而是在可变时刻扫描编码在接收信号中的数据位，其中最佳的扫描时刻依据所测得的非对称延迟来确定。在 DE102005037263 中，还建议基于测得的非对称延迟在实际的扫描之前定义包括多个扫描时钟的扫描区域，其中不再在唯一的一个固定或可变的扫描时刻解码数据位。而是通过考虑在该定义区域中的不同扫描时刻解码的值来对数据位解码。通过这种方式可以在 8 倍过采样时补偿多达 87.5ns 的非对称延迟，而不会产生解码错误。在过采样更高时，甚至可以补偿更高的非对称时间。

替换或补充该公知的方法，按照本发明建议不是通过改变接收用户的通信控制器的逻辑层来补偿非对称延迟，而是在传输信道的物理层上或在网络结构中来补偿非对称延迟。

### 发明内容

因此本发明要解决的技术问题是提供一种如何在数据传输系统中以高传输率、高可靠性和数据传输系统的高可用性来传输数据的手段，同时还要保证数据传输系统抵抗非对称延迟的高稳定性。

为了解决该技术问题，从开头所述类型的方法出发建议，在网络结构中的至少一个点上确定信号的非对称延迟，并且还在接收用户扫描编码在该信号的数据位之前，就至少部分地补偿该非对称延迟。

确定传输信号的非对称延迟可以在交货时就估计、建模或测量。

在交货时就确定的非对称延迟直接或在转换为相应的补偿值之后存储起来。为了在数据传输系统运行期间补偿非对称延迟，访问该存储的值，并且至少部分地补偿非对称延迟。

此外，可以考虑在数据传输系统运行期间在线地确定传输信号的非对称延迟。对在线确定的非对称延迟可以估计、建模或测量。所确定的非对称延迟可以首先存储起来，稍后再用于补偿，或者直接用于补偿非对称延迟。借助在线确定和存储的延迟值，还可以分析在过去出现的非对称延迟值，以例如用于在测量当前非对称延迟值时检测错误，或者用于对将来预计出现的非对称延迟值进行建模或预测。

传输信号的非对称延迟例如可以这样来部分地补偿，即由于通过网络结构的传输而被较弱地延迟的上升或下降信号边缘被另外延迟，以便将该信号边缘与较强延迟的下降或上升信号边缘匹配，从而上升和下降信号边缘的延迟之差减小，优选得到补偿。为了延迟较弱延迟的信号边缘，可以在网络结构中设置可编程的延迟单元。可编程延迟单元本身由现有技术公开。这种延迟单元例如由 Dallas Semiconductor Corp., Dallas, Texas, 75244, USA, 即 Maxim Integrated Products, Inc., Sunnyvale, Calif. 94086, USA 的子公司以名称“DS1021-50”提供和销售的。在 Dallas Semiconductor 的公知延迟单元中，可以调节出精度为 0.5ns 的 10-140ns 的延迟时间。公知延迟单元的编程通过置位或清除多个位来进行，例如 8 位。更粗略的分辨率也是有意义的，例如用 3ns 的精度补偿 25ns。

#### 本发明的优点

与现有技术的明显区别在于，用本发明可以补偿传输信号的非对称延迟，以及提高数据传输系统抵抗非对称延迟的稳定性，而不需要改变接收用户或其通信控制器的逻辑层。非对称延迟在本发明是在传输信道的物理层上减小或补偿的，从而在接收用户中只有很少的或根本没有非对称延迟。其优点是，可以在接收用户中为通信控制器和/或为收发器部件采用常见的部件，可能质量上更差并由此更廉价的部件，而不会产生解码错误。

当然还可以采用本发明与 DE102005037263 和 DE102005060903 中建议的用户，以及对接收信号的更好扫描。

借助 FlexRay 数据传输系统描述本发明的建议。但是这不能理解

为对本发明的限制。本发明可以用于很多不同类型的数据传输系统，而且可以毫不费力地用于类似的系统。尤其是将本发明的建议用于根据 TTP/C(时间触发的协议类型 C)、CAN(控制器域网络)或者 TTCAN(时间触发的 CAN) 协议传输数据的数据传输系统。

在 FlexRay 数据传输系统中，如果数据传输率等于 10Mbit/sec 则正常的位宽是 100ns。目前可用的 FlexRay 收发器部件需要大约 80ns 的最小位时间，在没有其它限制如没有其它非对称的情况下更短的位时间无法由收发器部件识别或处理。但是，传输信号的非对称延迟会在接收用户中导致部分强烈缩短的位时间。从而例如正常的位宽 100ns 在非对称延迟为 60ns 时缩短到还有 40ns 的位宽。目前常见的 FlexRay 收发器部件根本无法处理这么短的位时间。但是通过本发明，可以明显减小非对称延迟，例如减小到 5ns，从而在接收用户中可用的位宽还有 95ns，由此还远在 FlexRay 收发器部件所要求的大约 80ns 的最小位宽之上。

按照本发明的优选扩展，建议借助在数据传输系统所使用的传输协议中强制设置的信号从上升到下降边缘或从下降到上升边缘的变换的距离来测量非对称延迟。优选的，测量数据帧的帧起始序列(FSS)的上升边缘和字节起始序列(BSS)的下降边缘之间的距离。该测量优选对每个当前数据传输路径至少进行一次。在此，测量值数量的提高减小了随机误差的影响。尤其是，还可以在数据传输期间继续进行该测量，必要时还在传输过程中在解码数据位之前自适应地匹配非对称延迟的补偿。还可以在从多次测量中得到非对称延迟的矛盾测量值时识别出错误。

可以考虑在数据传输系统的网络结构中的一个或多个任意位置上设置可编程的延迟单元，这些延迟单元有目的地减小或甚至补偿传输信号的非对称延迟。借助可编程延迟单元对非对称延迟的补偿可以基于在使用数据传输系统之前、也就是在实际数据传输之前确定的该信号的非对称延迟值来进行。在数据传输之前确定非对称延迟值例如可以在交货时，或者借助准备好使用的、例如放置在汽车中的数据传输系统通过估计、建模或测量来进行。

更为灵活、安全和可靠的是一种自适应的方法，其中在实际的数据传输期间在线确定、优选测量传输信号的非对称延迟。为了实现该

自适应方法，还为可编程延迟单元分配用于测量传输信号的非对称延迟的装置。具有用于测量可编程延迟单元和用于至少部分补偿信号的非对称延迟的装置的测量和补偿装置，可以如上所述设置在网络结构内的任意位置，但是无论如何都在接收用户中用于扫描编码在信号中的数据的每个位的扫描装置（所谓的解码器）之前。可考虑尤其是将一个或多个这种测量和补偿装置设置在网络结构的连接线路中，在网络结构的有源或无源星形中，或在接收用户的发送接收单元（所谓的收发器）中或在接收用户的通信控制器中。

### 附图说明

本发明的其它优点和优选实施方式由下面的附图描述和对应的附图给出。

图 1 示出按照本发明的用于测量和部分补偿通过数据传输系统传输的信号的非对称延迟的装置；

图 2 示出图 1 的本发明装置的信号流程；

图 3 示出按照本发明在数据传输系统所使用的传输协议中强制设置的信号从帧起始序列（FSS）的上升边缘到字节起始序列（BSS）的下降边缘的变换来测量非对称延迟；

图 4 示出本发明的数据传输系统，具有设置在网络结构中的用于测量和部分补偿传输信号的非对称延迟的装置；

图 5 示出数据传输系统的通信控制器，具有用于测量和至少部分补偿传输信号的非对称延迟的装置；

图 6 示出数据传输系统的通信控制器的本发明收发器，具有用于测量和至少部分补偿传输信号的非对称延迟的装置；

图 7 示出在没有补偿非对称延迟的数据传输系统中上升或下降边缘时的信号变化；

图 8 示出没有补偿非对称延迟的由发送用户发送并由接收用户接收的信号的变化过程；

图 9 示出现有技术公知的用于在第 5 扫描点解码信号的方法；

图 10 示出现有技术公知的用于在第 5 扫描点解码信号并带有解码错误的方法；

图 11 示出在具有所产生的非对称延迟的相应值但是没有 EMV 部分

的数据传输系统中传输信道的信号链示例。

### 具体实施方式

借助通信系统或总线系统形式的通信连接联网控制设备、传感器和执行器，在过去几十年中越来越多地应用于现代汽车的制造以及机械制造，尤其是在机床领域，和自动化领域。就此可以实现通过将功能分配给多个例如实施为控制设备的用户的协作效应。人们将其称为分布式系统。

这种数据传输系统的不同用户之间的通信越来越多地通过总线系统进行。总线系统上的通信往来、访问和接收机制以及错误处理都通过协议调节。公知的协议例如是 FlexRay 协议，其中目前基于 FlexRay 协议规范 v2.1。FlexRay 是指快速的、确定的和容错的总线系统，尤其是用在汽车中。FlexRay 协议根据时分多路存取 (TDMA) 的原理工作，其中向用户或待传输的消息分配固定的时隙，在这些时隙中用户或待传输的消息能够排外地访问通信连接。时隙以固定的周期重复，从而可以精确预测消息通过总线传输的时刻，并确定地进行总线访问。FlexRay 通过一个或两个物理上分开的线路通信，该线路分别具有最大 10Mbit/sec 的数据率。当然 FlexRay 还可以用更低的数据率运行。两个信道在此相当于物理层，尤其是所谓的 OSI (开放系统体系) 层模型的物理层。信道主要用于冗余地以及容错地传输消息，但是还可以传输不同的消息，由此数据率加倍。还可以考虑由通过两个线路传输的信号之差来得出传输的信号作为差信号。通过物理层的信号传输可以电的、光学的或者任何其它类型进行。

为了实现同步的功能和通过两个消息之间的小间距优化带宽，用户在通信网络中需要共同的时基，即所谓的全局时间。为了时钟同步，在周期的静止部分中传输同步消息，其中借助符合 FlexRay 规范的特殊算法校正用户的本地时钟，使得所有本地时钟都与全局时钟同步。

借助 FlexRay 数据传输系统描述本发明的建议。但是这不能理解为对本发明的限制。本发明可以用于很多不同类型的数据传输系统，而且可以毫不费力地用于类似的系统 (例如 CAN、TTCAN、TTP/C 等)。

在图 7 中示出，信号 10 在从高到低或从低到高的边缘变换的区域中没有理想的矩形变化过程，而是具有倾斜的、斜坡形的变化过程。

可以看出，下降边缘和上升边缘的陡度不同。这种不同会导致对上升边缘产生的延迟和对下降边缘产生的延迟是不同的（参见图 8）。依据上升边缘 13 和下降边缘 14 的延迟差，得到非对称延迟 15。在图 8 中，上面示出由发送用户发送的信号 10 (TxD) 的变化过程，下面是由接收用户接收的信号 10 (RxD) 的变化过程。延迟 13、14 涉及发送信号 TxD 和接收信号 RxD 之间的相应边缘差。

在通过具有这种延迟的总线系统传输数据或消息时会使脉冲失真，因为下降（高到低）和上升（低到高）边缘在传输路径上会被不同强度地延迟。如果在现有技术中在接收器中用接收器中具有扫描时钟（所谓的采样率）对发送的脉冲多次（例如在 8 倍过采样中每一位 8 次）扫描，则扫描点的位置（即在 8 个扫描值中恰好选择一个）决定数据是被正确还是错误地扫描了。下面将借助图 9 和图 10 详细解释。

所接收的待解码的信号用附图标记 10 表示。解码在下降 BSS（字节起始序列）边缘处同步。在该同步的时刻，扫描计数器开始运行，并总是在达到计数状态 8 时复位（例如复位到 1）。在图 9 和图 10 的例子中，编码在信号 10 中的数据位分别在第 5 个扫描点时被扫描。不考虑不同传输路径上的非对称延迟而刚性地确定扫描时刻会导致很多问题。

通过刚性选择每一位的扫描时刻（例如在每一位 8 个扫描值时在第 5 个扫描值，即在一位的中央），非对称失真的影响以及通过扫描造成的频率偏差和额外的时间差异都成为问题，并对传输信道提出了高要求。提高边缘陡度以减小非对称延迟虽然对于定时有优点，但是另一方面在技术上要求很高，因此要以更加昂贵的部件（例如收发器，通信控制器）为前提，另外数据传输系统的 EMV 性能也受到不利的影响。根据不同的脉冲失真会遇到在一个或另一个位边缘估计出错误数据的危险。这在图 9 和图 10 中示出。

理想情况下，给出的边缘变换必须恰好在计数状态 8 时在 FES “0” 和 FES “1” 之间进行。由于非对称延迟，该边缘变换在图 9 中在提早的方向上一直推移，直到边缘变换恰好在第 5 个扫描值和第 6 个扫描值之间进行。在该示例中是不重要的，因为扫描时刻还位于边缘变换之前，在边缘变换之前的位（0）可以被正确解码。

在图 10 中，边缘变换由于更大的非对称延迟而在提早的方向上更进一步推移，从而边缘变换在第 3 个扫描值和第 4 个扫描值之间的扫描时刻之前。现在不能再得到正确的位值 (0)。而是在第 5 个扫描值的扫描时刻获得错误的位值 (1)；从而导致解码错误。

在实现 FlexRay 数据传输系统时，尤其是在包括具有多个星形耦合器以及其它有源和无源部件的网络结构或拓扑的复杂系统中，已经表明这里出现的非对称延迟时间很长，以至于该延迟时间超过了 FlexRay 协议预定的时间预算。按照 FlexRay 协议，用下降 BSS (字节起始序列) 边缘同步扫描计数器，也就是复位。在计数器计数状态为 5 时扫描。在目前在 FlexRay 中设置的 8 倍过扫描 (过采样) 时，在扫描时刻 (第 5 个扫描值) 和第 8 个扫描值之间还存在 3 个扫描时钟，这些扫描时钟在通信控制器时钟为 80MHz 时分别等于 12.5ns，加起来就是时间预算 (图 9 和图 10 中的 12) 37.5ns。该时间预算 12 实际上用于平衡由于从下降边缘陡度到上升边缘陡度的差异而产生的非对称延迟。但是，如果象在复杂的网络拓扑或网络结构中那样非对称延迟超过预定的时间预算 12 (参见图 10)，则会导致在第 5 个扫描时钟扫描时会获得错误的值。

在更为复杂的网络拓扑中的数据传输路径 (或传输信道) 用例如图 11 中的非对称延迟的相应延迟时间显示。该数据传输路径包括发送用户 14，该发送用户包括通信控制器 (CC) 16、具有线路和元件的印刷电路板 (PCB) 18 和发射器。发射器包括总线驱动器 (BD) 20 和结束元件 (CMC, Common Mode Choke) 22。发送用户 14 通过主要包括信号线路的第一无源网络 24 与第一有源星形节点 26 连接，该星形节点还包括两个分离的总线驱动器。

第一星形节点 26 通过第二无源网络 28 (其它连接线路) 与第二有源星形节点 30 连接，该星形节点 30 同样包括两个分离的总线驱动器。星形节点 30 通过另一个无源网络 (其它连接线路) 与接收用户 36 连接。该接收用户包括通信控制器 (CC) 38、印刷电路板 (PCB) 40 和接收器。接收器包括结束元件 42 和总线驱动器 (BD) 44。

非对称延迟 (没有 EMV 部分) 的相应估计、建模和/或计算的时间在图 11 中针对不同的部件给出，并且必须相加以确定总的非对称延迟。利用示出的计数值，得到大约 39.75ns 的非对称延迟。这高于先前确

定的大约 37.5ns 的时间预算 12。其中还要加上随机的 EMV 影响，这种 EMV 影响进一步提高了总的非对称延迟。因此，如果希望保持大约 10Mbit/sec 的高数据率，现有技术公知的解码方法在图 11 的网络拓扑中在特定时刻不再能按照规定工作。

总之，通过 FlexRay 协议制定出（至少在复杂的网络拓扑中）不能保持物理层的预定规则。在此本发明可以消除该问题。

按照本发明，提出一种用于至少部分补偿通过传输信道传输的信号 10 的非对称延迟的方法，该方法不需要改变接收用户 36 的通信控制器的逻辑层。按照本发明，该补偿在传输信道的物理层上在发送用户 14 对待传输信号的编码和接收用户 36 对接收信号的解码之间的一个或多个任意位置上进行。为此，在发送用户 14 和接收用户 36 之间的网络结构的任意点上至少部分地补偿非对称延迟，其中将以下上升或下降信号边缘，即这些信号边缘由于通过网络结构的传输而经历比其它下降或上升信号边缘更少的延迟，延迟到使它们的延迟等于被更强延迟的下降或上升信号边缘的延迟。这可以减小所传播的上升和下降信号边缘的延迟之间的距离，并由此减小、甚至补偿非对称延迟。

对由于通过传输信道而被较弱延迟的信号边缘的附加延迟，可以如上所述在网络结构的任意位置上进行，即在发送用户 14 中或在接收用户 36 中或在用户 14、36 的通信控制器 16、38 中或在用户 14、36 的发送接收单元（收发器）中进行。重要的是，该附加延迟在本发明中是在发送用户 14 对信号编码之后以及在接收用户 36 对该信号解码之前进行。按照本发明，在传输信道中的可编程非对称补偿可以串行地添加到信号链中。通过非对称补偿，在信号链中固有存在的信号非对称被抵消。

所需要的非对称补偿的数量在接收协议帧（所接收的数据帧）中通过测量确定，或通过交货时在接收用户 36 的总线驱动器部件 44 中的固定编程确定，或者通过在交货时在网络结构中的固定编程确定（由汽车被放置了本发明的数据传输系统的汽车制造商进行）。

本发明的优点在于，整个数据传输系统更稳健地抵抗构成部件中的非对称分量，因此这些部件不必具有严格的容差预定参数，可以采用更为便宜的部件和组件，而不会因为传输信号 10 的非对称延迟产生解码错误。此外，可以提高传输安全性，由此提高整个数据传输系统

的可用性。

为了实现本发明，可以在网络结构中的任意位置上设置一个或多个用于测量和至少部分补偿非对称延迟的装置。这种装置例如在图 1 中示出，总体上用附图标记 50 表示。装置 50 包括可编程延迟单元 52，例如由 Dallas Semiconductor Corp., Dallas, Texas, USA 以“DS1021-50”提供和销售的。这种延迟单元 52 可以用小于 1ns 的精度，优选 0.5ns 的精度有目的地将信号延迟可编程的延迟持续时间，该延迟持续时间例如在 10 到 140ns 的区域内。延迟持续时间通过置位或清除多个位如 8 个位来编程。当然还可以采用具有更大或更小延迟区域以及更高或更低精度的其它可编程延迟单元。

在测量和补偿装置 50 的输入端 IN 输入的输入信号 10 一方面被直接传递给可编程延迟单元 52，另一方面在分叉点之后传递给可编程延迟单元 52。在延迟单元 52 的输出端的延迟的信号 10' 用 DEL (延迟的) 表示。最初的输入信号 10 以及延迟的信号 10' 都在与门 54 中结合，或者在或门 56 中分离。通过例如实施为晶体管的开关 58，该结合 (信号 10、10' 的与逻辑运算) 或分离 (信号 10、10' 的或逻辑运算) 出现在装置 50 的输出端 OUT。

测量和补偿装置 50 对信号变化过程的影响在图 2 中示出。输入信号 IN 示例性地被延迟了  $\tau$ 。输入信号 IN 和延迟的信号 DEL 都为“1”的区域的组合集合，产生可用的中间信号 OR。信号 IN 和 DEL 都为“1”的区域的相交集合，产生可用的中间信号 AND。在图 2 示例性示出的信号变化过程中，开关 58 位于图 1 所示的位置“与”位置，从而输出信号 OUT 相当于中间信号 AND。

在图 2 中，附图标记 60 表示信号由于或门 56 中的信号运行时而发生的延迟。同样，用附图标记 61 表示中间信号 AND 由于与门 54 中的信号运行时而发生的信号延迟。下降信号边缘通过测量和补偿装置 50 的附加延迟在 OR 中间信号上给出，并用附图标记 62 表示。上升信号边缘的附加延迟在 AND 中间信号上给出，并用附图标记 63 表示。如果在装置 50 的输出端 OUT 上输出 AND 中间信号，则信号 10 的上升信号边缘由于与门 54 中的信号运行时被延迟了包括延迟 61 在内的值  $\tau$ 。同样，如果装置 50 的输出端 OUT 上输出 OR 中间信号，则信号 10 的下降信号边缘由于或门 56 中的信号运行时被延迟了包括延迟 61 在内的

延迟值 $\tau$ 。通过采用本发明的测量和补偿装置 50，有目的地在考虑逻辑门 54 和 56 的信号运行时的情况下将传输信号的上升或下降信号边缘延迟了延迟值 $\tau$ 。是否通过装置 50 延迟下降或上升信号边缘，可以通过开关 58 来选择，延迟持续时间 $\tau$ 在 8 位上被编程。

为了确定信号 10 的上升或下降信号边缘要被延迟的延迟值 $\tau$ ，首先测量非对称延迟。非对称延迟例如可以借助在数据传输系统采用的传输协议中强制设置的信号 10 从下降边缘到上升边缘或从上升边缘到下降边缘的变换的距离来测量（参见图 3）。在 FlexRay 传输协议中，例如可以测量数据帧的帧起始序列（FSS）的上升边缘 70 和字节起始序列（BSS）的下降边缘 71 之间的距离。所测量的距离在图 3 中用 72 表示。帧起始序列 FSS 的上升边缘 70 和 FSS 的结束之间的正常距离  $gdBit$  正常情况下是 100ns。因此，如果非对称延迟等于 0，正常距离 72 按照 FlexRay 协议规范 v2.1 就是 200ns。在 8 倍过采样中，这恰好是 16 个正常的采样周期持续时间。补偿所测得的非对称延迟所需要的延迟值 $\tau$ 例如可以通过组合学或合适的计算算法从测得的距离 72 中获得。

测量和补偿装置 50 可以具有处理器，尤其是数字信号处理器（DSP），或者状态机，用于处理计算机程序和实现补偿传输信道上的非对称延迟的本发明方法。根据本发明的该实施方式，计算机程序可以设计为启动从存储元件中读取延迟值 $\tau$ 或者测量非对称延迟以及确定延迟值 $\tau$ 。接着，通过计算机程序的启动，依据所确定的延迟值 $\tau$ 对延迟单元 52 编程，以获得期望的时间上的延迟。依据信号 10 的下降或上升边缘是否应当被延迟，通过计算机程序来相应地控制开关 58。

在图 4 中示出本发明的可能实施方式。图 4 示出具有比较简单的网络结构的数据传输系统。该数据传输系统包括 3 个用户 A、B、C，在它们之间通过网络结构传输编码在信号 10 中的数据。在网络结构的有源或无源网络的任意位置上，可以设置本发明的测量和补偿装置 50。尤其是可以将装置 50 设置在信号线路 24、28 上，也可以设置在信号线路 34 上。在图 4 所示的实施例中，测量和补偿装置 50 设置在信号线路 24、28 的任意位置上，另一个装置 50 设置在用户 B 和有源星形 30 之间的信号线路上。当然还可以将两个装置 50 作为有源星形 30 的收发器（发送接收单元）的集成部件或作为有源星形 30 本身的集成部

件。有源星形 30 和作为集成部件的两个装置 50 一起用附图标记 30' 表示。

信号 10 的上升或下降信号边缘在装置 50 中被延迟的延迟值 $\tau$ ，可以在预测延迟的情况下通过有源星形 30 和连接线路 34 选择，由此信号 10 的非对称延迟在用户 36 接收时会尽可能地小。由此在确定延迟值 $\tau$ 时考虑其它传输路径上将要发生的、已经估计的或者先前一次性测量的非对称延迟。但是还可以在连接线路 34 上，优选尽可能在用户 C 之后设置另一个本发明的测量和补偿装置 50（未示出），其减小、在理想情况下补偿了由于通过有源星形 30 和连接线路 34（以及可能还在传输信道上存在的其它有源和/或无源组件）传输信号 10 而导致的非对称延迟。

设置在图 4 的数据传输系统的网络结构中的本发明装置 50 优选具有用于获取、尤其是用于测量非对称延迟的装置，从而可以自适应地调节可编程延迟单元 52 的延迟时间 $\tau$ ，优选调节每个数据帧的延迟时间 $\tau$ 。但是还可以在公知的网络拓扑结构中，在数据传输之前，例如在交货时就确定非对称延迟，并且固定地预先给定延迟值 $\tau$ 。在这种情况下可以在装置 50 中弃用测量非对称延迟的装置。

在图 5 中示出本发明的另一个实施例。在此图 5 示出发送用户 14 和接收用户 36，以及设置在它们之间的或多或少复杂的网络结构 24-34。接收用户 36 具有收发器 46，该收发器称为发送接收单元或在简单情况下称为电平转换器。通过收发器 46 接收的信号 10 到达通信控制器 38，然后继续传递给接收用户 36 的主处理器 48。通信控制器 38 包括解码单元 60，也称为扫描装置或解码器。解码器 60 用于按照上述方式扫描编码在接收信号 10 中的数据位。在解码器 60 前面连接了本发明的测量和补偿装置 50，用于测量和至少部分补偿非对称延迟。

在图 6 中示出本发明的另一个实施例，其中本发明的测量和补偿装置 50 设置在收发器 46 中。收发器 46 包括所谓的收发器核 62，用于实现中央收发功能，以及也称为总线驱动器的驱动单元 44。通过收发器 46 中的测量和补偿装置 50，还在信号 10 被解码之前就减小、在理想情况下补偿接收信号 10 的非对称延迟。

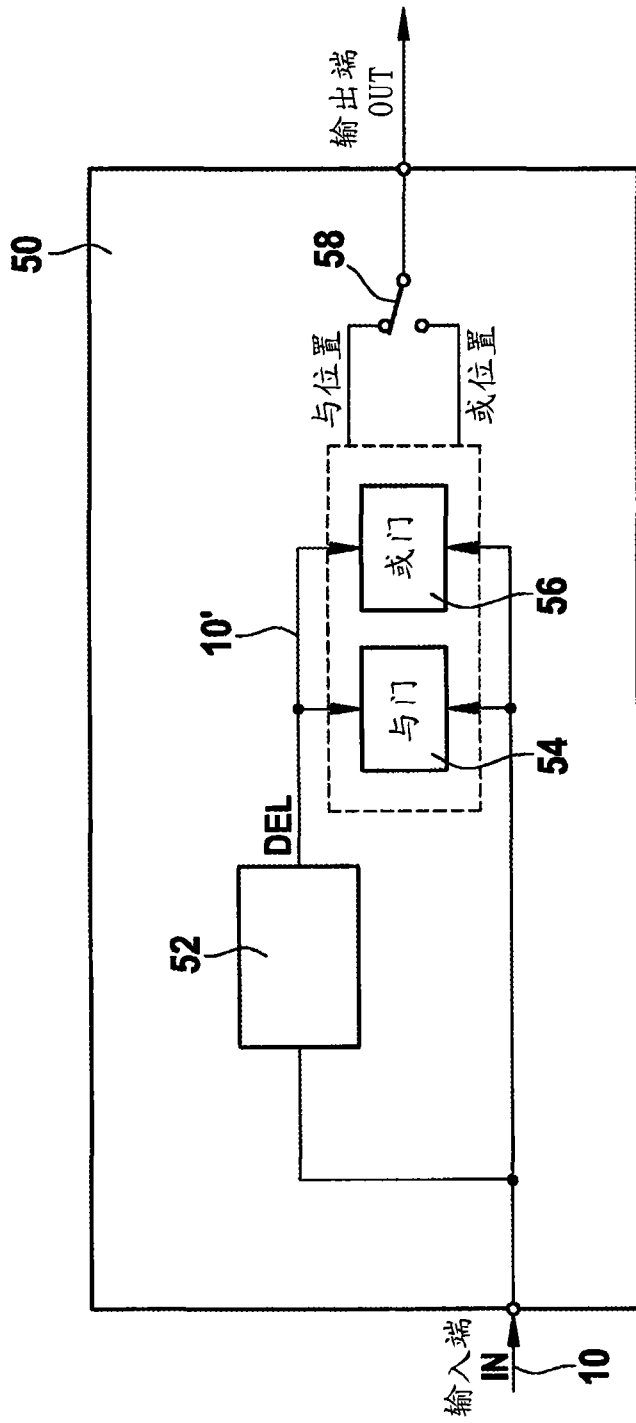


图 1

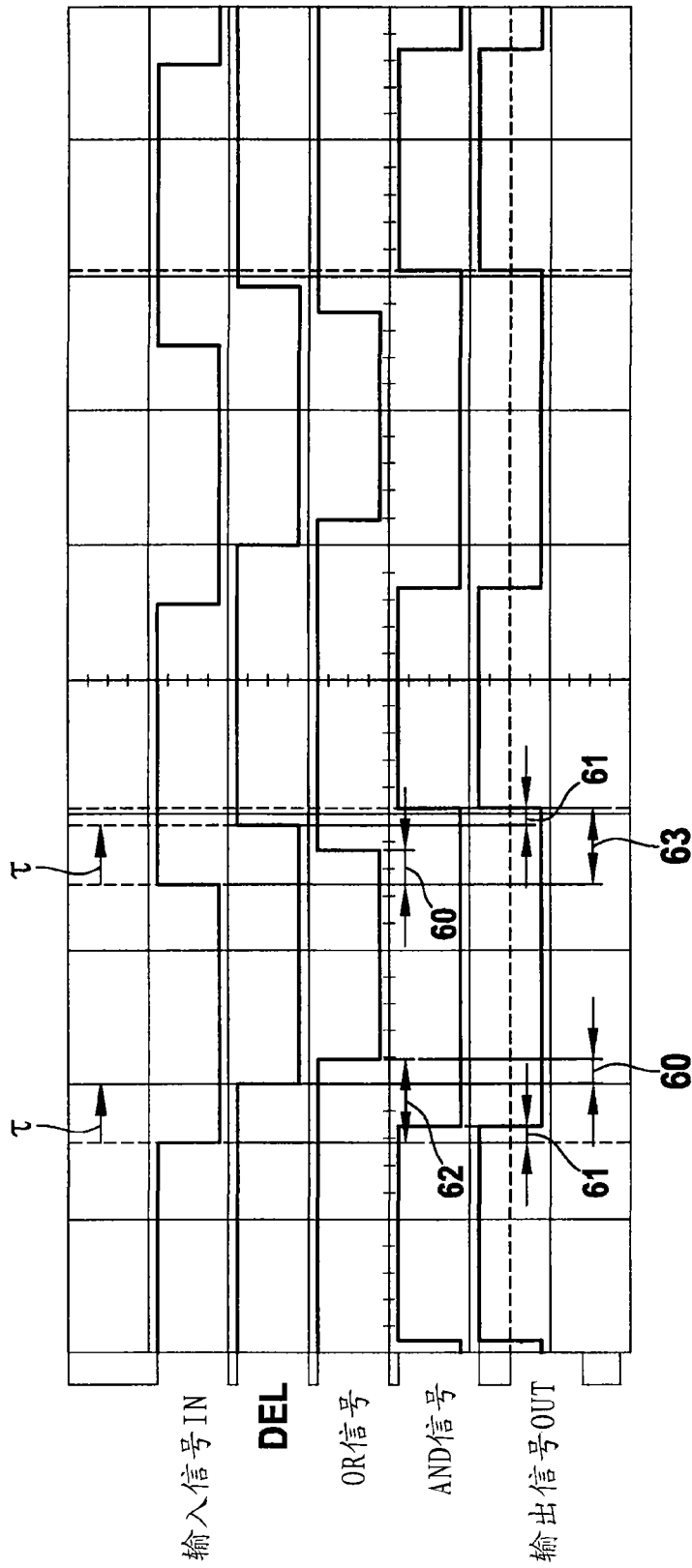


图 2

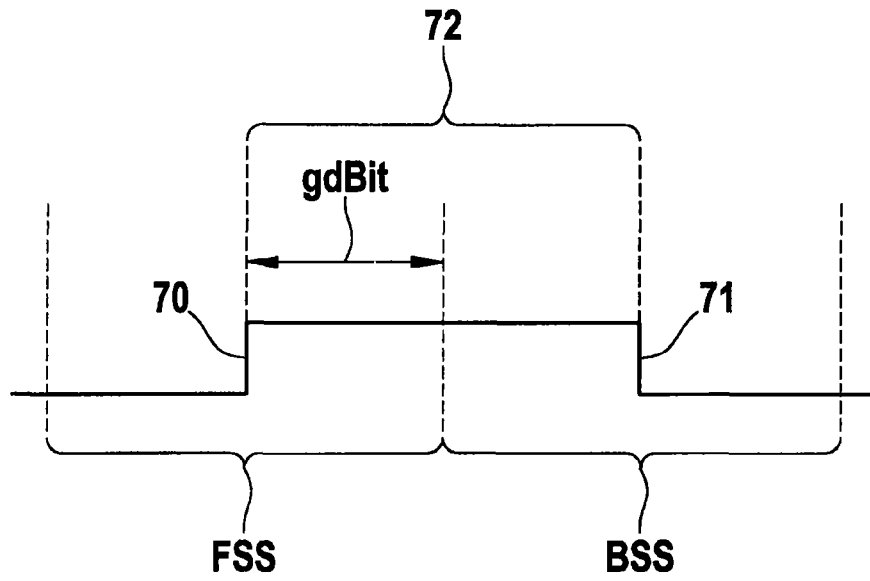


图 3

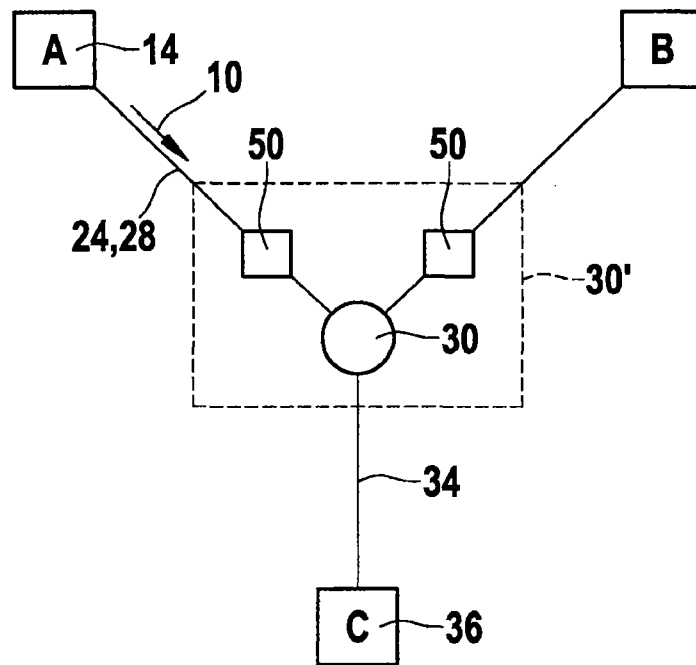


图 4

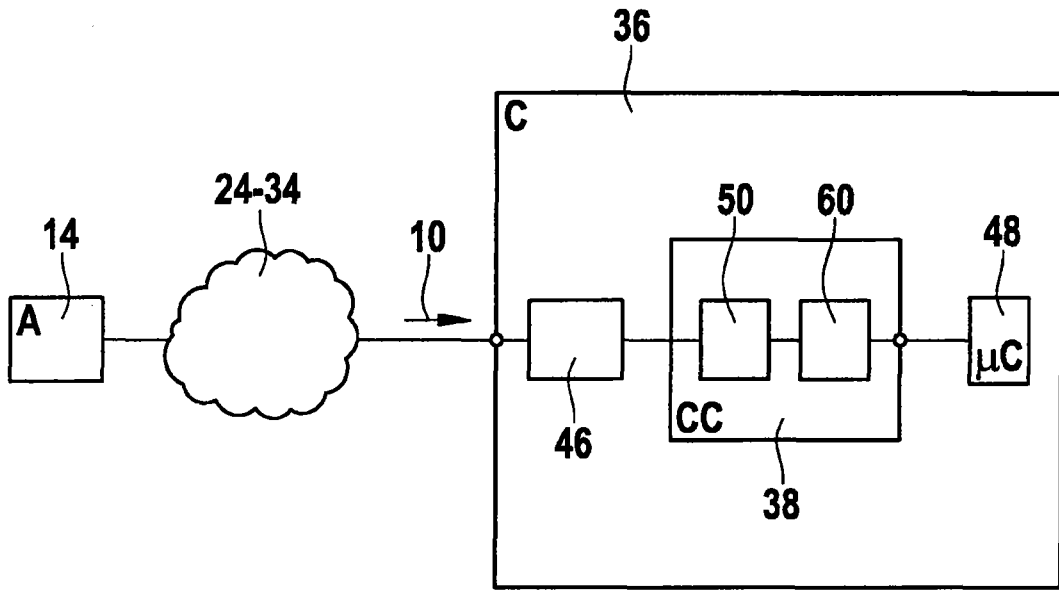


图 5

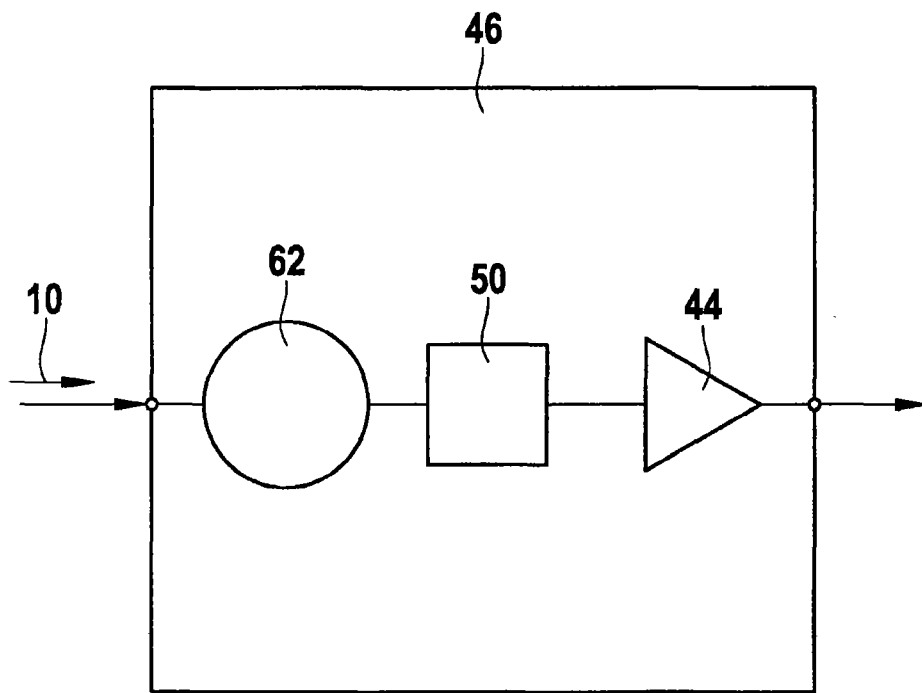


图 6

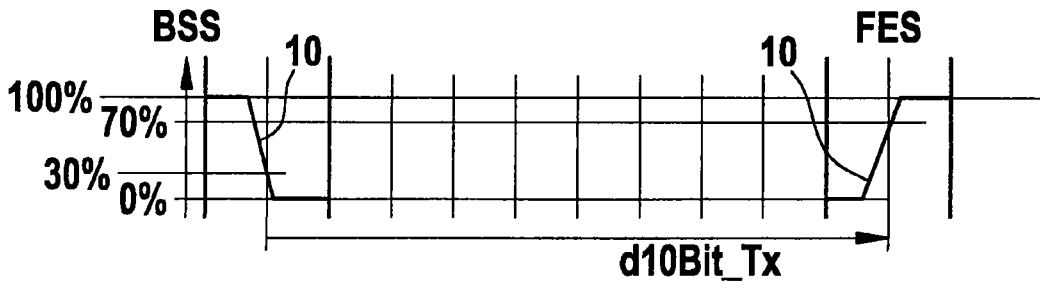


图 7

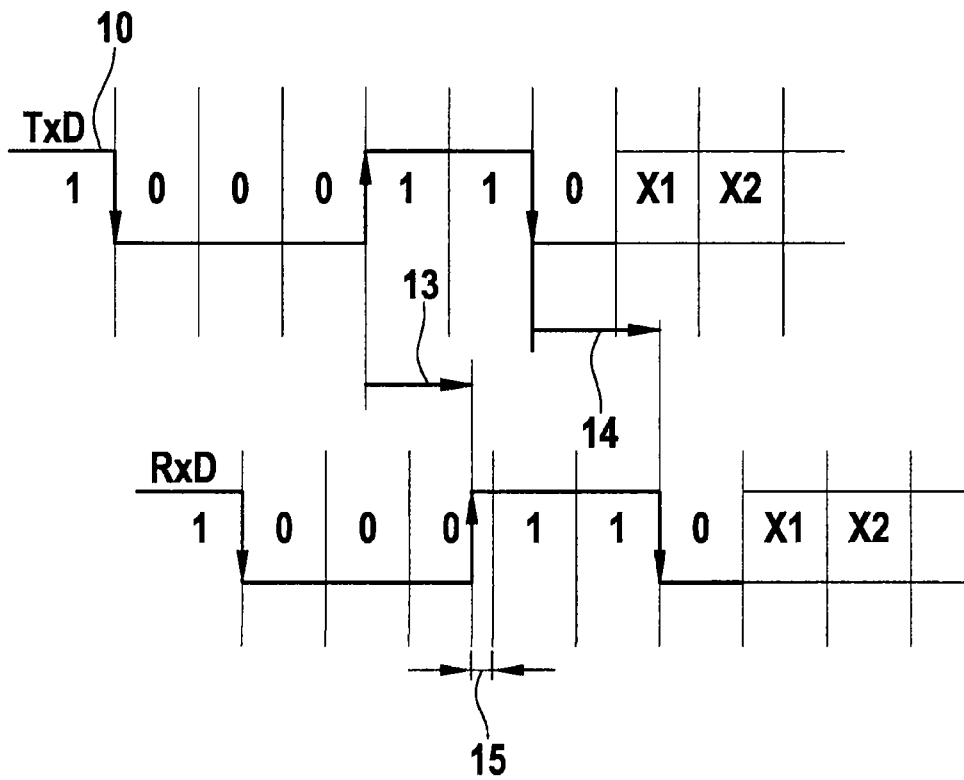


图 8

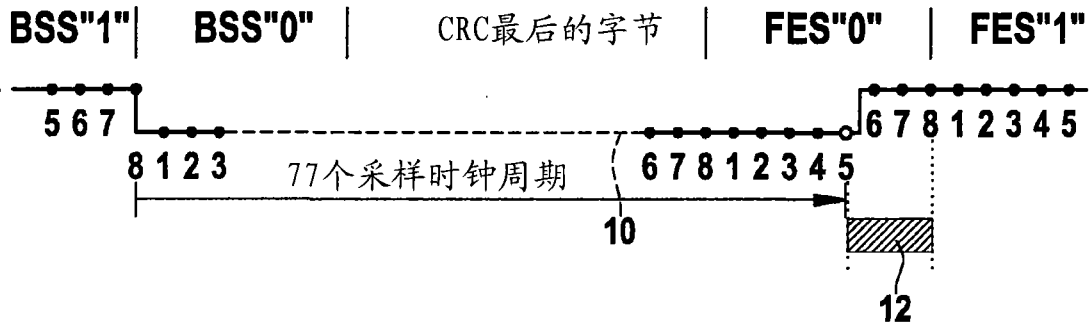


图 9

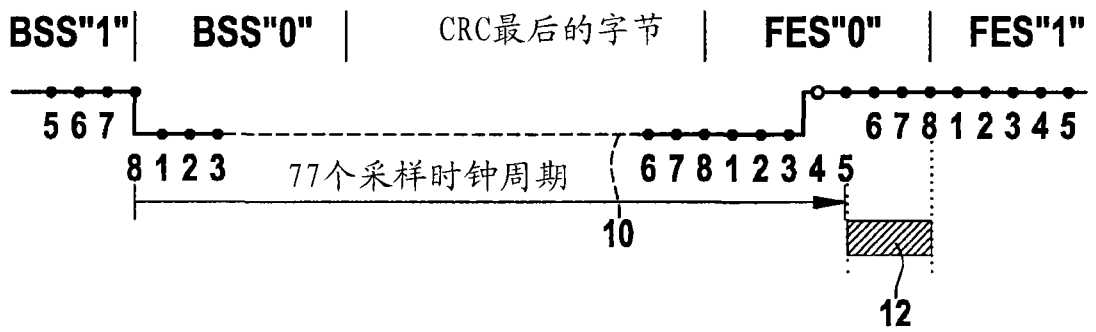


图 10

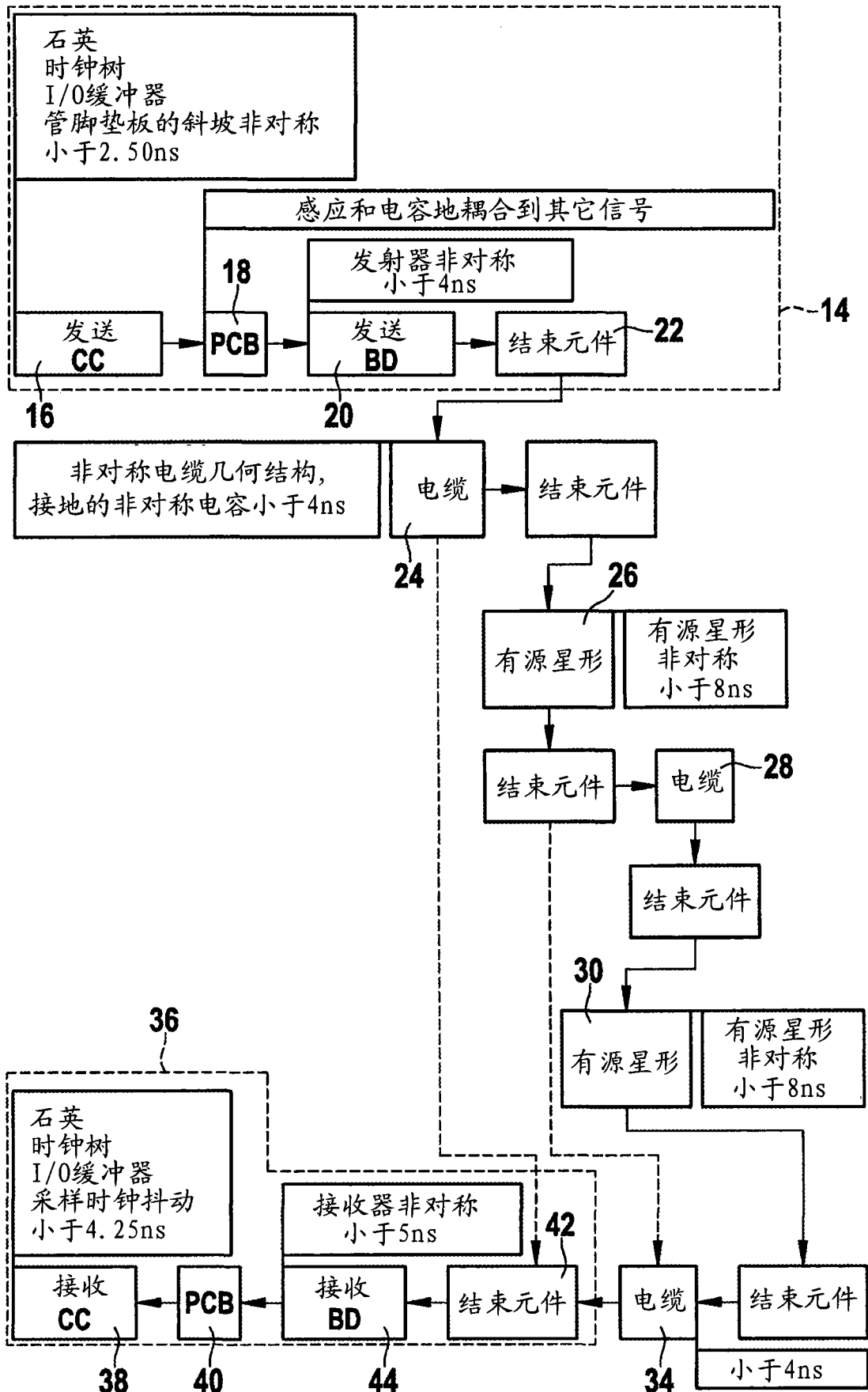


图 11