



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104579552 B

(45)授权公告日 2018.04.17

(21)申请号 201410532188.4

(22)申请日 2014.10.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104579552 A

(43)申请公布日 2015.04.29

(30)优先权数据
13188181.5 2013.10.10 EP

(73)专利权人 洛克威尔自动控制股份有限公司
地址 英国白金汉郡

(72)发明人 菲利普·J·阿加 阿莉森·库珀

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 杜诚 李春晖

(51)Int.Cl.

H04L 1/00(2006.01)

G05B 19/418(2006.01)

(56)对比文件

US 2011286542 A1,2011.11.24,

US 2013064324 A1,2013.03.14,

CN 101939958 A,2011.01.05,

审查员 夏礼

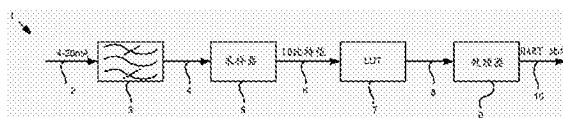
权利要求书2页 说明书12页 附图10页

(54)发明名称

可寻址远程传感器高速通道采样

(57)摘要

公开了可寻址远程传感器高速通道采样。一种用于处理电信号的方法,包括:接收包括频率调制信号的电信号,该频率调制信号编码有数字数据;采样该电信号的第一部分以提供第一样本集;以及根据第一样本集确定中间值。基于该中间值从多个存储的输出值中选择第一输出值,该输出值指示电信号的第一部分中的频率调制编码值。输出所获得的输出值的指示。



1. 一种用于处理电信号的方法,包括:

接收包括频率调制信号的电信号,该频率调制信号编码有数字数据;

采样所述电信号的第一部分以获得多个样本集以便获得第一样本集;

通过基于所述第一样本集中的每个样本的幅度将值赋予该样本,根据所述第一样本集确定索引值;

将所确定的索引值与多个预定索引值相比较以从多个预定输出值中识别第一输出值,每个预定索引值对应于所述多个预定输出值中的一个,其中每个预定输出值指示相应的频率调制编码值,并且所述第一输出值指示所述电信号的所述第一部分内的频率调制编码值;以及

输出所述输出值的指示。

2. 如权利要求1所述的方法,其中所述输出值是HART数据比特。

3. 如权利要求1或2所述的方法,其中确定索引值包括在所述第一样本集中确定与所述第一样本集中的多个值中的每一个相关联的二进制值,所述索引值包括所述二进制值。

4. 如权利要求1或2所述的方法,其中采样所述电信号的所述第一部分包括以83.3 μ s的采样速率来采样所述电信号的所述第一部分。

5. 如权利要求1或2所述的方法,其中采样所述电信号的所述第一部分包括从所述电信号的所述第一部分获得十个样本,使得所述第一样本集包括十个样本。

6. 如权利要求1或2所述的方法,其中所述第一部分是所述电信号的多个采样部分之一,每个采样部分提供相应的样本集。

7. 如权利要求6所述的方法,其中所述多个采样部分是连续的。

8. 如权利要求7所述的方法,其中所述多个样本集中的每个样本集与所述多个样本集中紧接在前的一个样本集相差单个样本,使得所述多个样本集定义所述接收到的电信号上的滑动窗口。

9. 如权利要求6所述的方法,其中所述样本集中的每一个样本集与相应的计数相关联,并且所述方法还包括基于与所述第一样本集相关联的计数从所述多个样本集中选择所述第一样本集。

10. 如权利要求9所述的方法,其中所述计数处于关于所述频率调制信号中所编码的数据比特的锁相环中,使得所述计数与所述频率调制信号中所编码的数据比特同步。

11. 如权利要求10所述的方法,其中与所述第一样本集相关联的计数指示所述第一样本集与所述频率调制信号中所编码的数据比特的基本上中间部分相关联。

12. 如权利要求1或2所述的方法,还包括:

填充多个所存储的输出值,所述填充包括:

确定多个可能的索引值;以及

针对所述可能的索引值中的每一个,选择相应的数据比特以与所述索引值相关联。

13. 如权利要求12所述的方法,其中选择相应的数据比特以与索引值相关联包括:将傅里叶变换应用于所述索引值,以及根据所得到的频率分布选择数据比特。

14. 如权利要求13所述的方法,还包括:如果所得到的频率分布的中心主要在1200Hz周围,则选择数据比特值“1”,以及如果所得到的频率分布的中心在2200Hz周围,则选择数据比特值“0”。

15. 一种用于处理电信号的设备,包括:

接收机,其被设置成接收包括频率调制信号的电信号,该频率调制信号编码有数字数据;

采样器,其被设置成采样所述电信号的第一部分以获得多个样本集以便获得第一样本集,并通过基于所述第一样本集中的每个样本的幅度将值赋予该样本,根据所述第一样本集获得索引值;

存储器,其用于存储多个预定索引值和多个预定输出值,每个预定索引值对应于所述多个预定输出值中的一个,每个预定输出值指示频率调制编码值;以及

处理模块,其被设置成处理所述第一样本集,以:

将所确定的索引值与所述预定索引值相比较以从所述多个预定输出值中识别第一输出值,所述第一输出值指示所述电信号的所述第一部分内的频率调制编码值,以及输出所获得的输出值的指示。

16. 如权利要求15所述的设备,其中所述采样器被设置成以 $83.3\mu\text{s}$ 的采样速率来采样所述电信号的所述第一部分。

17. 如权利要求15所述的设备,其中所述采样器被设置成采样多个部分,并且其中所述第一部分是所述电信号的所述多个被采样的部分之一,每个被采样的部分提供相应的样本集。

18. 如权利要求17所述的设备,其中所述处理模块被设置成将所述样本集中的每一个样本集与相应的计数相关联,以及基于与所述第一样本集相关联的计数从所述多个样本集中选择所述第一样本集。

19. 如权利要求18所述的设备,其中所述计数处于关于所述频率调制信号中所编码的数据比特的锁相环中,使得所述计数与所述频率调制信号中所编码的数据比特同步。

20. 如权利要求19所述的设备,其中与所述第一样本集相关联的计数指示所述第一样本集与所述频率调制信号中所编码的数据比特的基本上中间部分相关联。

可寻址远程传感器高速通道采样

技术领域

[0001] 本发明涉及用于处理电信号,且尤其是其中编码有数字信号的模拟电信号的方法及设备。例如,本发明尤其地,但并不排他地,有利于处理其中编码有HART信号的模拟电信号。

背景技术

[0002] 在任一时刻只能有一个电流电平存在的模拟电流回路通常被用于远程监视和/或控制现场设备。4-20mA(四到二十毫安电流回路)是众所周知且广泛应用的用于工业仪器和通信的模拟电传输标准。经由电流回路提供4-20mA信号,其中4mA代表零信号且20mA代表最大信号。使用4mA信号而不是0mA来代表零信号,允许检测到开路状态。

[0003] 开发出了可寻址远程传感器高速通道(HART)通信协议,以提供能够用在4-20mA模拟电流回路上的数字工业自动化协议,从而共享由4-20mA系统使用的一对线路。

[0004] 该HART协议利用Bell 202兼容频移键控(FSK)信号,把处于低电平的数字通信信号叠加到4-20mA模拟信号上。Bell 202兼容系统使用1200Hz来代表标记(mark)('1'),以及使用2200Hz来代表空格(space)('0')。HART实现了双向现场通信,并且使得除了由4-20mA信号传送的过程变量以外的附加信息可以被发送至启用HART的现场仪器或者从启用HART的现场仪器来发送。

[0005] 虽然存在用于提供现场设备的实时分布式控制的较新的工业过程协议,例如现场总线(Fieldbus),但是4-20mA模拟电流回路的安装基础庞大,正因如此HART在广泛使用。因此在用于HART信号处理的改进的方法和系统方面存在普遍关注。

发明内容

[0006] 本发明的一个目的是提供处理模拟信号的改进的方法。

[0007] 根据第一个方面,提供了一种用于处理电信号的方法。该方法包括接收包括频率调制信号的电信号,该频率调制信号编码有数字数据;采样电信号的第一部分以提供第一样本集;根据第一样本集确定中间值;从多个存储的输出值中获得第一输出值,该输出值指示电信号的第一部分中的频率调制编码值;以及输出该第一输出值的指示。

[0008] 从而该第一方面提供了一种用于快速且有效地处理电信号以确定频率调制编码值的方法。

[0009] 该电信号还可以包括模拟数据。例如,该电信号除了包括编码数字数据的频率调制信号以外,还可以包括4-20mA信号。

[0010] 该输出值的指示可以是第一输出值本身。该第一输出值可以是二进制值。例如,该第一输出值可以是HART数据比特。因此,无需昂贵的HART解码器,可以从电信号中获得HART数据比特。

[0011] 确定中间值可以包括:确定与所述第一样本集中多个第一样本中的每一个相关的二进制值,该中间值包括所述二进制值。

[0012] 采样电信号的第一部分可以包括：以83.3 μ s的采样速率来采样该电信号的第一部分。对于诸如处理电信号内HART数据比特的应用，83.3 μ s的采样速率可以特别有利。

[0013] 采样电信号的第一部分可以包括：从该电信号的第一部分获得十个样本，使得第一样本集包括十个样本。对于诸如处理电信号内HART数据比特的应用，已经发现获得十个样本提供了所要求的精度，同时仅要求少数量的存储的输出值和低的联机处理成本。

[0014] 该第一部分可以是电信号的多个采样部分之一，每个采样部分提供相应的样本集。该多个采样部分可以是连续的。

[0015] 该多个样本集中的每一个可以与该多个样本集中紧接在前的一个样本集相差单个样本，使得该多个样本集定义了接收到的电信号上的滑动窗口。

[0016] 每个样本集可以与相应的计数相关联。该计数可以被称为转变参考计数。该方法还可以包括基于与第一样本集相关联的计数从多个样本集中选择第一样本集。这样，可以选择用于确定中间值，从而确定第一输出值的样本集，以便提高所获得的第一输出值的精度。

[0017] 该计数可以处于相对于频率调制信号中所编码的所述数字数据的数据比特的锁相环中，使得该计数与频率调制信号中所编码的数据比特同步。该计数可以在循环中增加，使得在电信号中所编码的数据比特之间的转变处，该计数从最大计数值到最小计数值进行循环。

[0018] 与第一样本集相关的计数可以指示该第一样本集与频率调制信号中所编码的数据比特的基本上中间部分相关联。可以从多个样本集中选择第一样本集，因为与第一样本集相关联的计数指示该第一样本集与数据比特的基本上中间部分相关联。这样，基于该数据比特的基本上中间部分来确定第一输出值，从而在检测频率调制信号中所编码的数据比特之间的转变时减小了错误的影响。

[0019] 该方法还可以包括对接收到的电信号进行滤波以生成滤波信号。采样接收到的信号的第一部分可以包括采样该滤波信号的第一部分。

[0020] 对接收到的电信号进行滤波可以包括将信号输入到带通滤波器，该带通滤波器具有约在1KHz至3KHz范围内的通带。

[0021] 该方法还包括填充存储的输出值。填充存储的输出值可以包括：确定多个可能的中间值，并且对于所述可能的中间值中的每一个，选择与该中间值相关联的相应的数据比特。

[0022] 选择相应的数据比特以与中间值相关联可以包括：将傅里叶变换应用于该中间值，并且根据所得到的频率分布选择数据比特。例如，如果所得到的频率分布的中心主要在1200Hz周围，则可以选择数据比特值“1”。如果所得到的频率分布的中心在2200Hz周围，则可以选择数据比特值“0”。替代地，选择相应的数据比特以与特定的中间值相关联可以包括将傅里叶变换应用于生成该中间值的电信号。

[0023] 可以以查找表(LUT)的形式存储所存储的输出值，但是也可以以任何适当的形式提供所存储的输出值。

[0024] 根据本发明的第二个方面，提供了一种用于处理电信号的设备。该设备包括：接收机，其被设置成接收包括频率调制信号的电信号，该频率调制信号编码有数字数据；采样器，其被设置成采样电信号第一部分以提供第一样本集；存储器，其用于存储多个输出值，

每个存储的输出值指示频率调制编码值；以及处理模块，其被设置成处理第一样本集，以确定中间值，基于该中间值从多个输出值中获得第一输出值，该第一输出值与第一样本集相关联，以及输出所获得的输出值的指示。

[0025] 处理模块可以被设置成输出二进制值。例如，该处理模块可以被设置成输出HART数据比特。

[0026] 采样器可以被设置成确定与所述第一样本集中多个第一样本中的每一个相关联的二进制值，并且该处理器可以被设置成确定中间值，使得该中间值包括二进制值。

[0027] 该采样器可以被设置成以83.3 μ s的采样速率采样电信号的第一部分。

[0028] 该采样器可以被设置成通过从第一部分获得十个样本来采样电信号的第一部分，使得第一样本集包含十个样本。

[0029] 该采样器可以被设置成采样电信号的多个部分，以及为每个采样部分提供相应的样本集。

[0030] 该采样器可以被设置成采样电信号的多个连续部分。

[0031] 该采样器可以被设置成关于滑动窗口来采样电信号的每个部分。

[0032] 例如，该采样器可以被设置成，在采样所述部分中的每个部分之后，将滑动窗口在电信号上移动一个样本，使得每个样本集与紧接在前的样本集相差一个样本。

[0033] 该设备还可以包括计数模块，其被设置成将所述样本集中的每一个与相应的计数相关联。该处理模块可以被设置成基于与第一样本集相关联的计数从多个样本集中选择第一样本集。

[0034] 该计数模块被设置成将计数与样本集相关联，该样本集处于相对于频率调制信号中所编码的数字数据的数据比特的锁相环中，使得与频率调制信号中所编码的数字数据的数据比特之间的转变同步地，来更新该计数。

[0035] 该处理模块可以被设置成基于与第一样本集相关联的第一计数来选择第一样本集，该第一计数指示该第一样本集与频率调制信号中所编码的数据比特的基本上中间部分相关联。

[0036] 该设备可以包括滤波器，其被设置成对接收到的电信号进行滤波，以产生滤波信号。该采样器可以被设置成采样该滤波信号的第一部分。由采样器采样的每个部分可以是该滤波信号的部分。

[0037] 该滤波器可以是带通滤波器。该滤波器可以具有约在1KHz至3KHz范围内的通带。

[0038] 根据本发明的第三个方面，提供了一种包括计算机可读指令的计算机程序，该计算机可读指令被配置成使计算机执行根据第一方面的方法。

[0039] 根据第四个方面，提供了一种承载根据第三方面的计算机程序的计算机可读介质。

[0040] 根据第五个方面，提供了一种用于处理电信号的计算机设备。该计算机设备包括：存储器，其用于存储处理器可读指令；以及处理器，其被设置成读取并执行存储在存储器中的指令；其中，该处理器可读指令包括被设置成控制计算机以执行根据第一方面的方法的指令。

[0041] 一般来说，可以想到的是以任何合适的形式实现本发明的实施方式。例如可以通过合适的计算机程序实现本发明的各方面。本发明的各方面可以提供承载这种计算机程序

的计算机可读介质以及暂时的和/或非暂时的载体介质。本发明的其它方面可以提供被设置成实现本文所述的方法的设备。这种设备可以采用通用计算机系统的形式,该通用计算机系统包括用于存储处理器可读指令的存储器以及被设置成读取和执行该指令的处理器,该指令包括用于控制处理器以执行本文所述的方法的指令。

[0042] 可以想到的是,在上述和下述的描述中,本发明的一个方面或者实施方式的上下文中所出现的特征可以被同等地应用于本发明的其它方面或实施方式或者可以与之相结合。

附图说明

[0043] 参考附图,在此仅以举例的方式描述了本发明的实施方式,在附图中:

[0044] 图1是根据本文所描述的一些实施方式的解码设备的示意图;

[0045] 图2是图1的设备的滤波器的滤波器响应的图示;

[0046] 图3是显示了由图1的解码设备执行以确定输出值的处理的流程图;

[0047] 图4是图1的设备中使用的用于填充LUT的方法的示意图;

[0048] 图5是可以利用本文描述的实施方案的分布式工业过程控制系统的构架的示意图;

[0049] 图6是图5的工业过程控制系统的控制器的示意图;

[0050] 图7是控制器的可能配置的示意图;

[0051] 图8是图5的输入组件和输出组件的可能配置的示意图;

[0052] 图9和图10是三选二表决布置的可能配置的图示;

[0053] 图11是输入模块的示意图;

[0054] 图12是模拟输入终端组件的线路图;以及

[0055] 图13是HART模块的示意图。

具体实施方式

[0056] 4-20mA模拟电信号用于将包括传感器和发送器的工业设备连接到工业处理控制系统内的控制设备。该4-20mA信号传递由传感器感测的状态,诸如压力、温差压力等。4-20mA标准的好处包括通过信号下降到0mA来检测开路状态的能力,以及考虑到电流信号一般对噪声干扰和电压降适应性强,因此在长距离上电流信号的使用具有鲁棒性。该4-20mA信号一般被称为主值(PV)。

[0057] 使用4-20mA标准的许多工业设备还包括用于控制其操作的微控制器。由于许多工业设备被安装在恶劣或者难以接近的环境中,因此可寻址远程传感器高速通道(HART)被用于远程通信和配置微处理器。HART把频移键控(FSK)信号叠加在4-20mA信号上,设置为使得能够从接收到的信号中滤出FSK信号,以允许读取FSK信号和原始模拟4-20mA信号。

[0058] HART协议的另外的好处是在运行期间能够从工业设备收集另外的数据。例如,能够读取序号故障数据、校准数据,以及更准确的数字值。另外,HART提供多于一个值的读数。例如,压力传感器可以提供4-20mAPV上的压力信号,并且通过HART,可以另外地提供处理温度。

[0059] HART FSK信号的产生和叠加在4-20mA信号上是本领域中众所周知的,因此本文不

再描述。然而,可以了解的是,可以利用任何合适的方法生成包括HART FSK信号的合适的4-20mA信号。例如,可以如共同待审的欧洲专利申请公开号EP2413300中所描述的那样产生HART信号。然而,概括地说,每个HART消息(或分组)均由多个数据字节(8比特)组成,包括用于指示消息的起始(即前导)的数据字节,包含要被传送的数据的数据字节,以及以校验和的形式用于指示消息的结束的数据字节。在HART发送器,用11比特字符传送每个HART数据字节,每个11比特字符包括起始比特,数据字节,奇偶校验比特以及停止比特。通过经由连续相位FSK调制来调制4-20mA信号,用1200Hz周期信号表示逻辑‘1’(或标记),同时用2200Hz周期信号表示逻辑‘0’(或空格)。

[0060] 在接收器,FSK信号被转换回串行比特流。从串行比特流中识别每个11比特字符(首先识别前导),获得该字符的数据字节,以及从接收到的数据字节的内容确定HART消息。在此描述了在不使用专用HART调制解调器的情况下解码接收到的4-20mA信号,以将接收到的FSK信号转换成串行比特流的方法。

[0061] 图1中示出了用于处理接收到的模拟信号以获得HART数据的解码设备1。从HART发送器(未示出)接收输入信号2,该输入信号2包括其上叠加了FSK信号的4-20mA模拟信号。该信号2被传送至带通滤波器3以用于滤波。该带通滤波器3具有约为1KHz至3KHz的通带,并且输出滤波后的模拟信号4。该带通滤波器3用于将HART FSK信号从输入信号2分离出来,以及当以如下所述采样该输出信号4时避免混叠以及去除噪声。在目前所描述的实施方式中,该带通滤波器3具有如图2中所示的频率响应,以及约为3dB的带通电压增益。然而,可以理解的是,可以使用任何合适的滤波器。

[0062] 信号4被从带通滤波器3传送至采样器5。该采样器5被设置成以83.3 μ s的采样速率和1比特的采样深度来采样信号4。对于由采样器5获得的每个样本,如果采样电压高于阈值电压,则赋予值‘1’,而如果采样电压等于或低于阈值电压,则赋予值‘0’。在一些实施方式中,阈值(针对该阈值来判决样本)是从带通滤波器3输出的信号4的静态工作点(quiescent point)。

[0063] 解码设备1利用采样器5的输出在信号4上提供10比特滑动窗口。该10比特滑动窗口滑动1比特,以每83.3 μ s提供新的10比特样本集6。可以了解的是,该滑动窗口覆盖信号4的一部分,该部分具有与HART协议用于编码单个HART数据比特(即833 μ s)的信号部分相同的长度。指定10比特的滑动窗口和83.3 μ s的采样周期是为了在存在干扰的情况下提供充分的解码性能,以符合HART物理层协议的要求。虽然用更高的采样速率,或更大的比特深度可以实现提高的解码性能,但这会导致增长的,并因此更加昂贵的处理和存储要求。因此,1比特的比特深度以及83.3 μ s的采样速率提供了一种特别有利的布置。

[0064] 然而,可以了解的是,在其它实施方式中,采样器5可以被设置成以更大的比特深度和更大的采样频率进行采样。例如,采样器5可以被配置成每8.33 μ s来采样信号4,以提供用于覆盖信号4的一部分的100比特滑动窗口,该部分具有与用于编码HART数据比特的信号4的一部分相等的长度。实际上,根据本文的教导将会明显的是,采样器5可以以任何合适的比特深度和以任何合适的频率进行采样。可以了解的是,可以以任何适当的方式实现采样器5。

[0065] 每个10比特样本集6被用作为进入查找表(LUT)7的索引。该LUT7包括1024个条目,一个条目用于10比特样本集6中每个可能的比特图案(pattern)。在LUT 7内,每个可能的10

比特样本集6与用于指示HART数据比特的值相关联。在从采样器5接收到每个10比特样本集6时(即每83.3 μ s),该LUT 7用于提供输出8,该输出8指示与10比特样本集6相对应的信号4的一部分最可能编码标记(‘1’)(或从空格到标记的转变)还是最可能编码空格(‘0’)(或从标记到空格的转变)。例如,LUT 7的输出8可以实现为单个比特,但是可以同等地以任何其它方式实现。

[0066] 在每个833 μ s周期中,LUT 7输出10个指示,然而一般来说,在同一周期中解码设备1只输出单个HART数据比特10。在一些实施方式中,用于特定的833 μ s周期的HART数据比特是在该周期中由LUT 7输出的十个指示中的一个预定指示的值。解码设备1保持转变参考计数(图1中未示出),该转变参考计数与信号4的HART数据比特周期同步。也就是说,该转变参考计数与信号4中编码的HART信号处于锁相环中。

[0067] 更详细地说,解码设备1被配置成响应于LUT 7的每个输出,在值“零”与值“九”之间的循环(loop)中,将转变参考计数增加值“一”。下面表1示出了遵循LUT 7的各个输出的转变参考计数的状态,其中来自LUT 7的每个输出指示被处理的信号4的一部分最可能编码空格(‘0’)(或从标记到空格的转变)。

[0068]

LUT输出值	转变参考计数
0	0
0	1
0	2
0	3
0	4
0	5
0	6
0	7
0	8
0	9
0	0

[0069] 表1

[0070] 当与信号4的HART数据比特周期同步时,为零的转变参考计数值指示10比特样本集6中最近的样本有可能是新的HART数据比特的第一个样本。为九的转变参考计数值指示10比特样本集6中最近的样本有可能是HART数据比特的最后一个样本。在零与九之间的转变参考计数值指示10比特样本集6中最近的样本有可能取自信号4中编码的HART数据比特的中间部分。

[0071] 在一些实施方式中,如表2中所示,为了使转变参考计数与HART数据比特周期同步,在检测到信号4内空格与标记之间的转变时,重置转变参考计数。

[0072] 在表2中,LUT 7的前四个输出指示空格。响应于LUT 7的前四个输出中的每一个,因此,转变参考计数被增加一。LUT 7的第五个输出指示标记。也就是说,LUT 7的第五个输出指示信号4中空格和标记之间的可能转变。在检测到可能转变时,将该转变参考计数重置为零。当LUT 7的每个输出继续指示标记时,对于来自LUT 7的每个输出,转变参考计数被增

加一。

[0073]

LUT输出值	转变参考计数
0	0
0	1
0	2
0	3
1	0
1	1
1	2
1	3
1	4
1	5
1	6
1	7
1	8
1	9

[0074] 表2

[0075] 如上所述,以这种方式,为零的转变参考计数值指示HART数据比特的起始,而为九的转变参考计数值指示HART数据比特的结束。

[0076] 对HART数据比特之间的转变的检测可能并不总是完全准确的。因此,在一些实施方式中,由解码设备1输出的每个HART数据比特值10选自为零的转变参考计数值和为九的转变参考计数值之间的一个或多个LUT输出值8。例如,希望从HART数据比特周期的中心部分所生成的LUT输出值8(例如,具有为四或五的转变参考计数值的LUT输出值8)中选择HART数据比特10。因此,在一些实施方式中,处理器9被配置成输出与LUT 7的输出8对应的HART数据比特10,该LUT 7的输出8具有是特定预定值的相应的转变参考计数。在一个特定实施方式中,该处理器9被配置成输出具有LUT输出8的值的HART数据比特10,该LUT输出8具有为4的相应的转变参考计数。

[0077] 通过响应于对信号4的HART数据比特的中间部分进行处理而输出HART数据比特10,该HART数据比特10具有从LUT 7输出的的值中选择的值,该解码设备1对假转变有更好的鲁棒性。也就是说,虽然可以在检测到转变时立刻输出HART数据比特10,但是信号4中的噪声可能导致HART数据比特转变的错误检测。

[0078] 在一些实施方式中,处理器9被配置成输出预定数目的接收到的输出8的平均值(例如,模式)。例如,具有为三、四和五的转变参考计数值的LUT 7的输出8可能经历三选二表决,表决的结果被提供作为HART数据比特10。

[0079] 在一些实施方式中,为了进一步减轻噪声的影响,当检测到信号4中的可能转变时,并不立即将转变参考计数重置为零。例如,在一些实施方式中,当检测到可能的转变时,转变参考计数被调整以便更接近于零,而不是真正地被重置为零。例如,根据增加或减小是否导致转变参考计数更接近于零,转变参考计数可以被增加一或减小一。这样,导致信号4

中转变的错误指示的噪声不会引起转变参考计数(以及相应的同步损耗)的大波动。表3示出了在检测到可能的转变时,转变参考计数被调整接近零,而不是被直接重置的例子。

[0080]

LUT输出值	转变参考计数
0	0
0	1
0	2
0	3
1	3
0	4
0	5
0	6
0	7
0	8
1	0
1	1
1	2
1	3

[0081] 表3

[0082] 在表3中,来自LUT 7的前四个输出每个均指示被处理的信号4的一部分可能编码空格。LUT 7的第五个输出指示空格与标记之间的可能的转变。在第五个输出,由于不存在可能的转变,转变参考计数将被增加为四。然而,根据可能的转变,以最接近于零的方向来调整转变参考计数。因此,在这种情况下,转变参考计数从值“四”减小至值“三”。

[0083] LUT 7的第六个输出指示被处理的信号4的一部分可能编码空格。这表明该LUT 7的第五个输出没有指示真正的转变。可以了解的是,因为仅以一个减小量来调整转变参考计数,所以减小了对于转变参考计数与信号4的HART数据比特周期之间的同步的任何不利影响。

[0084] LUT 7的第十一个输出再次指示被处理的信号4的一部分表示空格和标记之间的可能转变。在这种情况下,将转变参考计数增加一(因为在这种情况下,增加将转变参考计数移动至更接近于值“零”)。因此,虽然该转变计数本应具有值“九”,但是该转变参考计数取零值。LUT 7的第十二、第十三和第十四个输出继续指示向标记的转变,表明了第十一个输出所指示的转变是真正的转变。因此,在LUT 7的第十一个输出处以零的方向对转变参考计数的调整使得该转变参考计数再次与信号4的HART数据比特周期同步。

[0085] 图3是示出可由解码设备1执行的处理的流程图,该处理基于来自LUT 7的输出和转变参考计数来选择HART输出值10。在步骤S1,从采样器5的输出获得10比特样本集6。在步骤S2,10比特样本集6被用作LUT 7的索引,以获得用于指示10比特样本集6指示标记还是空格的LUT输出。处理进行到步骤S3,在此增加转变参考计数。处理进行到步骤S4,在此确定在步骤S2生成的LUT输出是否指示数据比特之间的转变。如果在步骤S4确定了步骤S2的LUT输出确实指示转变,则处理进行到步骤S5。在步骤S5,朝向零调整转变参考计数。例如,如果转

变参考计数具有值‘1’、‘2’、‘3’，或‘4’，则减小该转变参考计数，而如果该转变参考计数具有值‘5’、‘6’、‘7’、‘8’，或‘9’，则增加该转变参考计数。可以了解的是，如果转变参考计数具有值‘5’，则可以对其进行增加或者减小。如果转变参考计数具有值‘0’，则不对其进行调整。处理从步骤S5进行到步骤S6。

[0086] 另一方面，如果在步骤S4确定了步骤S2的LUT输出不指示转变，则处理从步骤S4进行到步骤S6。在步骤S6确定转变参考计数是否具有预定值。在图3的例子中，该预定值等于‘4’，然而可以了解的是，在图3的例子中该预定值可以是介于‘0’和‘9’之间的任何预定值，以及可以是更普遍地取决于该转变参考计数的实现的任何值。如果在步骤S6确定了转变参考计数是预定值，则处理进行到步骤S7，在此步骤S2的LUT输出被提供作为HART数据比特。也就是说，如果步骤S2的LUT输出指示标记，则步骤S7输出的HART数据比特是标记，而如果步骤S2的LUT输出指示空格，则步骤S7输出的HART数据比特是空格。

[0087] 处理从步骤S7进行到步骤S8，在此，在处理返回到步骤S1之前将滑动窗口移动一个样本。另一方面，如果在步骤S6确定了转变参考计数不是预定值，则处理从步骤S6直接进行到步骤S8。

[0088] 可以了解的是，在其它的实施方式中，可以不同于上述地对转变参考计数做出调整。例如，当检测到可能的转变时，可以在零方向上将转变参考计数增加或者减小大于一的值。

[0089] 参考图4，在此描述了一种用于填充 (populate) LUT 7的方法。一般来说，通过针对每个可能的10比特样本集6来确定导致该10比特样本集6的HART信号(即，使采样器5输出该10比特数字样本集的HART信号) 指示标记还是空格，来填充LUT 7。

[0090] 图4中图示说明了LUT 7的单个行的填充。根据10比特数字值11，计算了频率分布12。例如，通过将傅里叶变换(例如，利用快速傅里叶变换(FFT)算法)应用于10比特值11，可以计算频率分布12。在其它实施方式中，可以通过将傅里叶变换应用于电信号来计算频率分布12，该电信号被采样为10比特值11。

[0091] 根据频率分布12，依据HART协议确定HART数据比特13。特别地，如果频率分布12的中心在1200Hz或1200Hz周围，则在LUT 7中记录标记(‘1’)数据比特13，而如果频率分布12的中心在2200Hz或2200Hz周围，则记录空格‘0’数据比特14。10比特数字值11和选择的HART数据比特13、14一起构成LUT 7的一行。

[0092] LUT 7只需被填充一次，并且可以被“脱机(offline)”填充(即，在解码设备1被用于在活动的系统中解码信号之前)。这样，需要最小的“联机(online)”处理来从接收到的信号2确定HART值。因此，无需联机执行诸如傅里叶变换的操作。

[0093] 如上所述，LUT 7包括1024个值。可以了解的是，当采样器5以更大的比特深度或更大的比特速率进行采样时，LUT 7中的条目的数目会更大。

[0094] 处理器9的串行输出10可以被传送至另一个处理器(未示出)，该另一个处理器被设置为处理该输出，以从输出10确定完整的HART消息。虽然该解码设备1被图示说明并且被如上描述为包括单独的滤波器、采样器、LUT以及处理器，但可以了解的是，可以以任何方式实现该解码设备1。例如，可以用一个或多个专用硬件设备和/或以软件/固件来实现该解码设备1。

[0095] 如上所述的，用于解码模拟电流信号的实施方式可以用在工业处理控制系统中。

图5中图示说明了其中可以使用上述实施方式的工业过程控制系统的例子,其中,设计出分布式架构,以用在不同的SIL(安全完整性等级)环境中,使得如果需要高SIL,则可以提供该系统,但是如果只需要低SIL,则可以降低该系统的复杂度以便减少不必要的额外成本。

[0096] 在图5中,示例性的工业过程控制系统100包括工作站102,一个或多个控制器104以及网关106。工作站102通过到一个或多个控制网络103的以太网连接108与控制器104和网关106通信。多个以太网连接108提供冗余,以提高容错能力。通过常规的以太网连接101可以将工作站102连接到另一个外部网络105。

[0097] 参考图6和7,更详细地描述了控制器104的示例实现。参考图6,所描述的控制器104包括输入组件202,处理器组件204和输出组件206。在图6的示意图中,输入组件204和输出组件206在不同的底板上,但可以了解的是,在其它实施方式中,输入组件204和输出组件206同样可以共用一个底板。

[0098] 从一个或者多个通信底板部分来形成组件202、204、206。每个底板部分包括三个凹槽,每个凹槽能够容纳相应的模块,以及终端组件。每个终端组件包括多达三个凹槽,其与现场传感器和变送器对接。终端组件可以跨越两个连续的底板部分。模块包括具有多个连接器的插卡,用于插入通信底板和终端组件。

[0099] 可以了解的是,虽然图6中所示的示例性布置包括每底板部分的三个凹槽,但在其它实施方式中可以提供每底板部分更多(或者更少)凹槽的布置。

[0100] 图7示出了控制器104的示例物理配置。在图7中所示的例子中,通过将不同类型的模块分组到单独的通信底板上,使得输入组件202、输出组件206和处理器组件204物理上彼此分离。也就是说,输入模块被分组到一个通信底板上,处理器模块被分组到另一个通信底板上,而输出模块被分组到又一个通信底板上。

[0101] 在图7中所示的例子中,输入组件202包括两个通信底板和终端组件部分,202'、202"。第一底板和终端组件部分202'具有三输入终端,其上连接有三个输入模块202a、202b、202c;第二底板和终端组件部分202"具有双输入终端组件,其上连接有两个输入模块202d、202e。处理器组件204包括具有三个处理器模块204a、204b和204c的单个处理器底板部分204'。输出组件206包括两个底板部分206'、206"。第一底板部分206'具有双输出终端组件,其具有两个输出模块206a、206b,第二底板部分206"具有单输出终端组件,其具有单个输出模块206c。

[0102] 图8中示出了输入组件202的替代实施方式。图8中,输入组件202包括三个底板部分/终端组件202'、202"、202"。例如,三重底板部分202'具有三个模块202a、202b、202c,该三重底板部分202'可以被用于具有高可用性要求的应用,双重底板部分202"具有两个模块202d、202e,该双重底板部分202"可以被提供用于容错(fault tolerant)应用,具有单个模块202f的单一部分202"可以被提供用于故障安全(failsafe)应用。可以给终端组件设置不同类型的现场调节电路(field conditioning circuits)。例如,可以给组件202'设置24V DC现场调节电路401,可以给组件202"设置120V DC现场调节电路402,以及可以给组件202"设置4-20mA现场调节电路403。类似地,针对输出组件206示出了可能的配置。可以了解的是,具有各种不同数目的模块和各种不同类型的现场调节电路的多种配置的底板部分和终端组件是可能的,并且其绝不限于这些例子中所示出的。

[0103] 当为了冗余目的,组件提供多于一个模块时,可以在工业过程控制系统可操作的

同时以替换模块来代替故障模块,本文中称之为联机替换(即,在无需执行系统关闭的情况下,替换是可能的)。在不中断过程的情况下,对于单一组件来说联机更换是不可能的。在这种情况下,各种“保持最后状态”的策略是可接受的,或者也可以将传感器信号路由至系统中其它位置处的不同模块。

[0104] 在替换模块变为有效之前,处理器组件使用来自并行模块的数据来配置替换处理器模块。

[0105] 现场调节电路401、402、403将从用于监视工业过程控制设备的传感器接收的信号转换成期望的电压范围,并按需求把信号分配给输入模块。根据输入终端组件的配置,每个现场调节电路401、402、403也被连接到现场电源和现场回路(field return)(或接地),可以逐个通道地将现场回路(或接地)与其它全部接地独立地隔离开。独立的通道隔离是一种优选配置,因为它是最灵活的。现场调节电路401、402、403包括简单的非有效部件并且不可联机替换。

[0106] 图9、10示出了本文所描述的工业过程控制架构的灵活性,各图示出了用于生成具有高可用性要求的信号的三重系统的替代配置。参考图9,输入组件501包括三个相同的输入模块503a、503b、503c。该输入组件501通过终端组件504中的现场调节电路接收来自传感器500的信号506。该信号可以是例如包括HART FSK信号的4-20mA信号。终端组件504中的现场调节电路将该信号转换成期望的电压范围,并将该信号分配给三个相同的输入模块503a、503b、503c。每个输入模块503a-c处理该信号,并且处理的结果被发送至三选二表决器502,该三选二表决器502根据每个处理器模块503a-c的输出来产生结果信号507。

[0107] 参考图10,三个相同的传感器600a-c,每个传感器通过终端组件604a-c中相应的现场调节电路将相应的信号发送至相应的单一组件601a-c。每个输入模块603a、603b、603c处理该信号,并将其输出提供给三选二表决器602以根据该输出产生信号。可以了解的是,除本文示出的以外,许多变型和配置是可能的。

[0108] 图11图示说明了根据本发明的输入模块700。

[0109] 输入模块700包括八个隔离的输入通道701。每个输入通道701从终端组件704中的现场调节电路接收信号702、703a、703b。每个输入通道701与现场可编程门阵列(FPGA)705通信,该FPGA 705通过非隔离底板接口706与底板(未示出)对接。提供了发光二极管(LED)707以指示输入模块700的状态。

[0110] 可以了解的是,具有八个通道仅仅是一种设计选择,并且其它实施方式可以包括更多的(或者更少的)通道。

[0111] FPGA 705的可编程I/O管脚被用于直接驱动低功率隔离电源,用以供应通道701而无需额外的功率放大器。

[0112] 参照图12,用于测量来自现场设备的现场4-20mA模拟电流环路信号的模拟输入现场调节电路包括与感测电阻1003、1004串联的保险丝1001。保险丝的使用意味着感测电阻1003、1004只需工作至保险丝的最大额定值,在一些实施方式中为50mA。保险丝熔断信号702被输出至输入模块,以允许输入模块感测和报告保险丝熔断情况。

[0113] 图12中示出的现场调节电路输出主要感测信号703a和辅助感测信号703b以供输入通道701使用。

[0114] 输入通道701之一在图13中被示出,并且包括保险丝熔断电路1011,主要输入电路

1013和用于检测4-20mA信号的辅助输入电路1012,这里将不再对其进行描述。输入通道701还包括HART输入/输出(I/O)模块1018。将该HART I/O模块1018连接到模拟输入,该模拟输入承载辅助信号703b,并且被设置成发送HART数据至现场设备以及从现场设备接收HART数据。本文不再细述HART数据的生成和传送。然而,一般来说,根据从微处理器1014接收的数字输入信号1014a来生成HART输出数据。通过微处理器1015提供的HART使能信号1018a来启用HART I/O模块1018的输出。代表HART输入数据的信号1014b被发送至微处理器1014用以解码。参考图1至4,可以根据以上描述的方法生成信号1014b。

[0115] 可以了解的是,虽然以上描述了用于提供工业控制系统的具体布置,但是用于从接收到的模拟信号来解码FSK信号的实施方式更广泛地适用。实际上,本文所描述的实施方式可以被用于对叠加在接收到的模拟信号上的任何FSK信号进行解码。类似地,虽然本文参考HART协议描述了实施方式,但可以了解的是,本文描述的方法不限于HART协议,而可以被普遍用于解码电信号中编码的数字数据。

[0116] 更一般地,虽然以上已经描述了具体实施方式,但可以了解的是,可以以不同于所描述的方式来实践本发明。以上的描述旨在说明,而非限制。因此,对本领域技术人员来说明显的是,可以在不偏离权利要求的范围的情况下对所描述的实施方式做出修改。

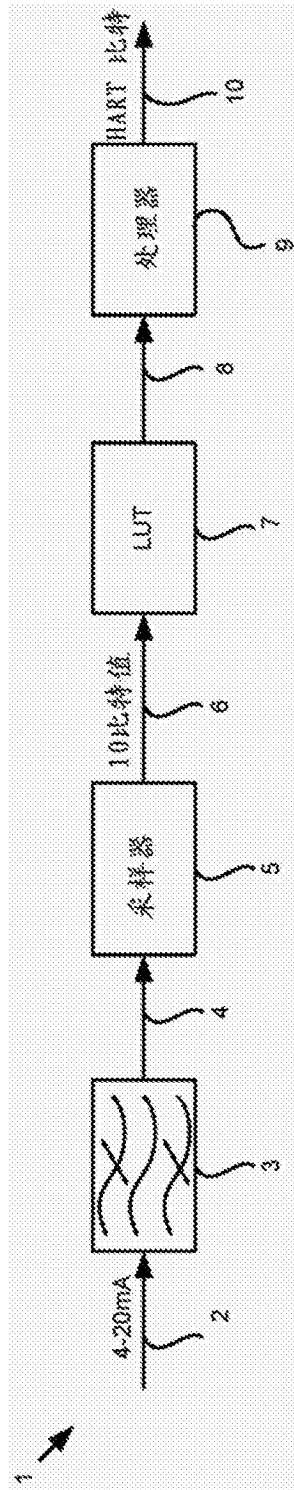


图1

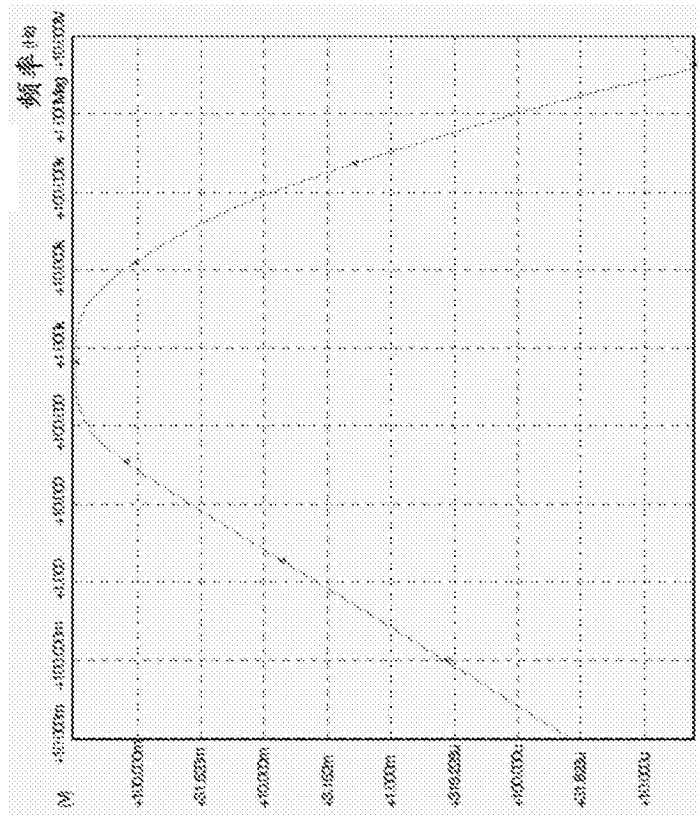


图2

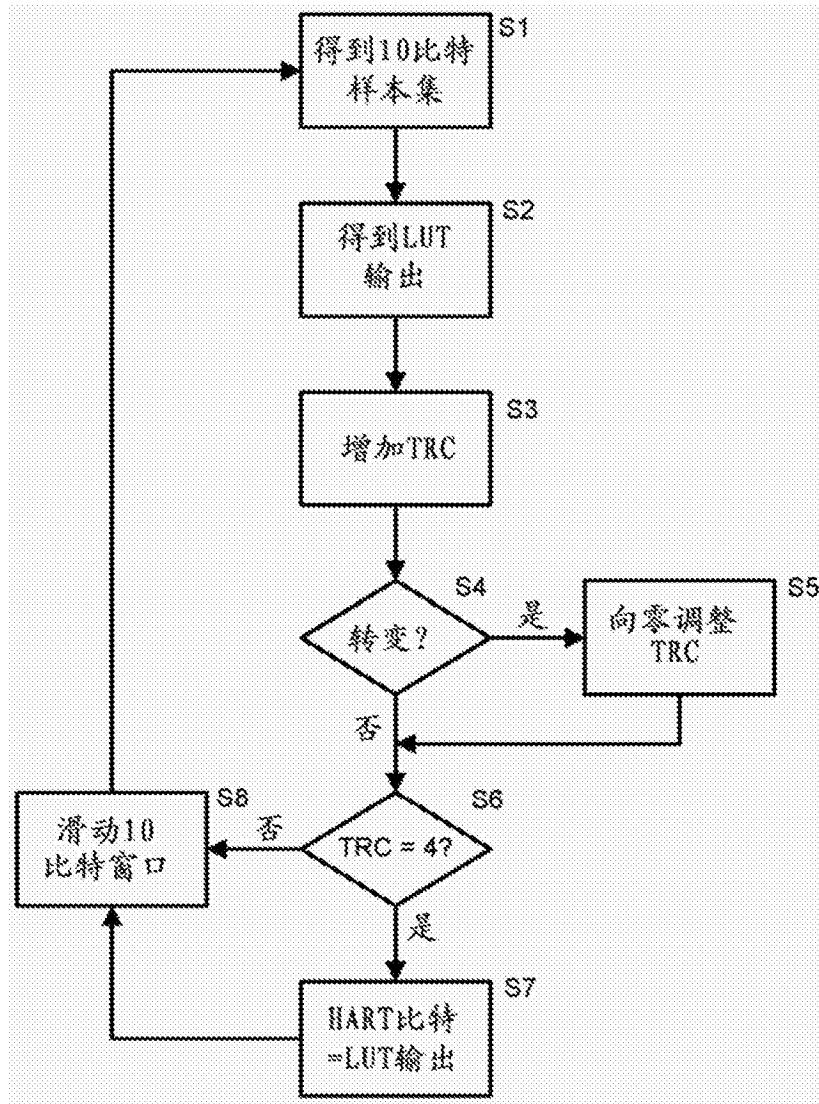


图3

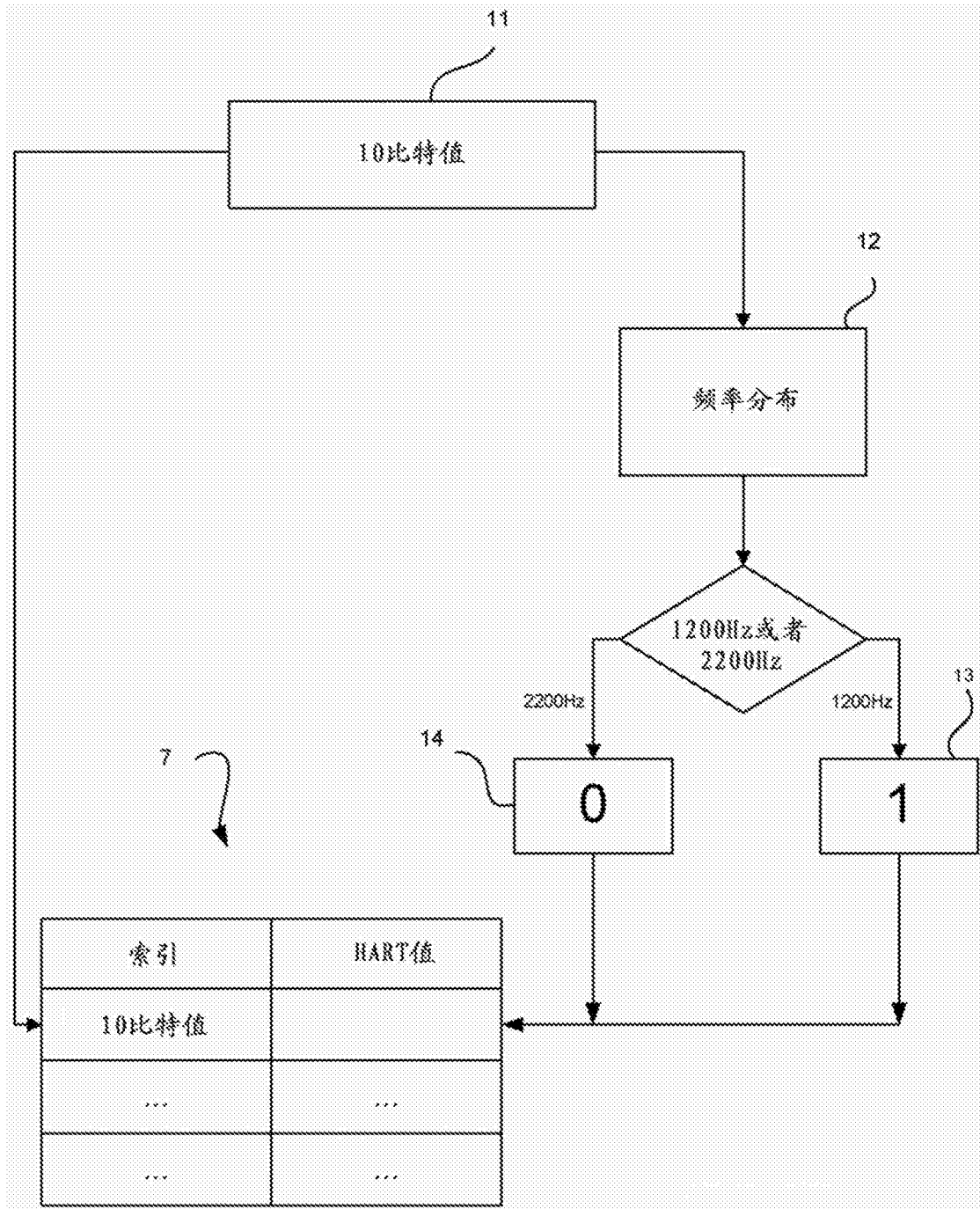


图4

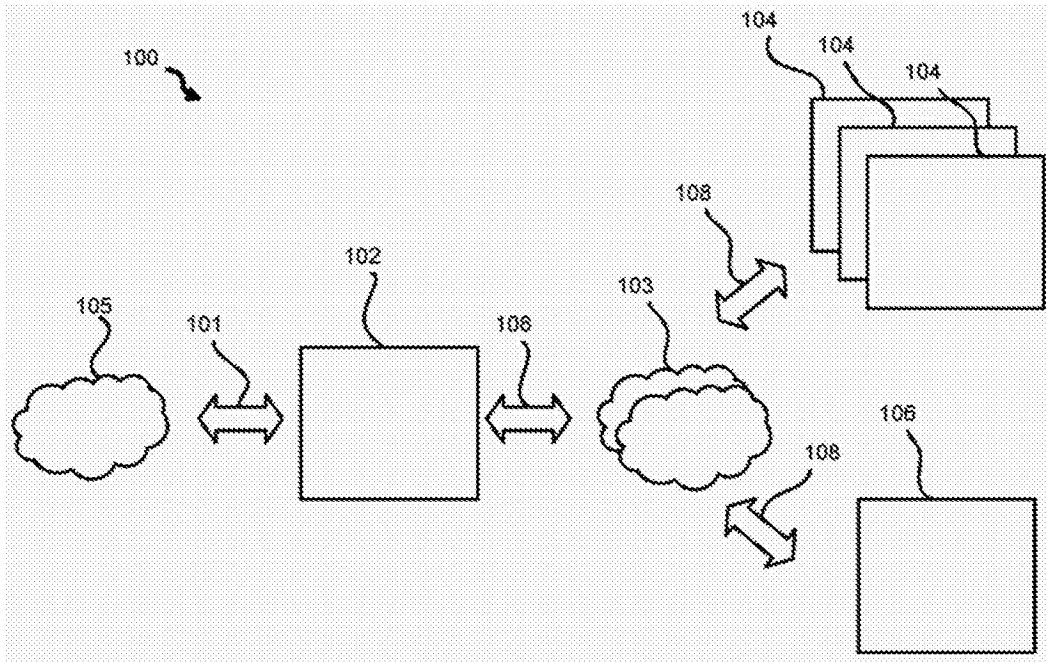


图5

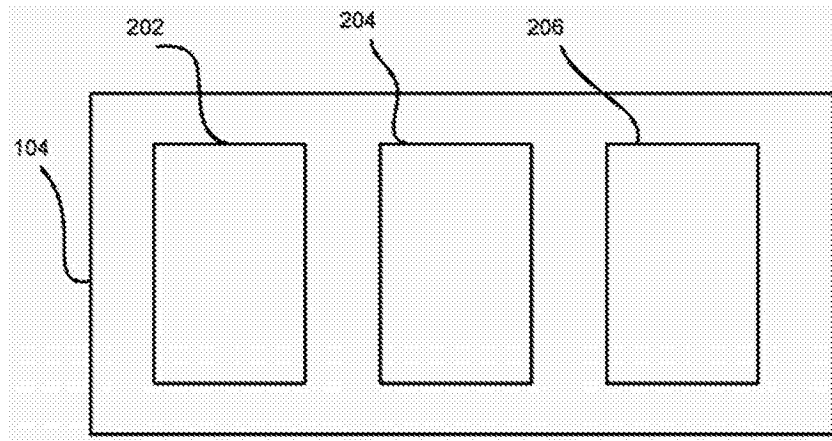


图6

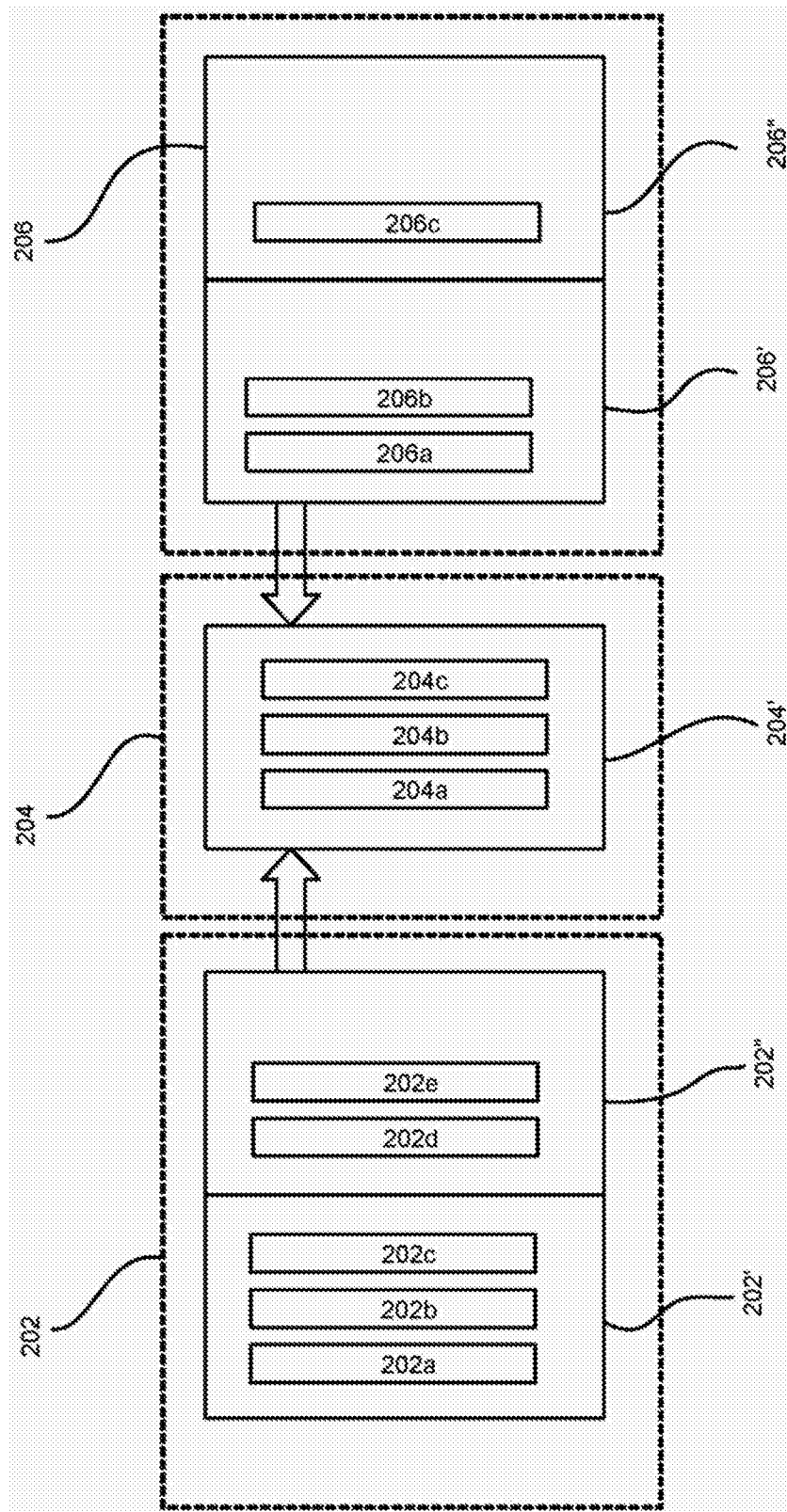


图7

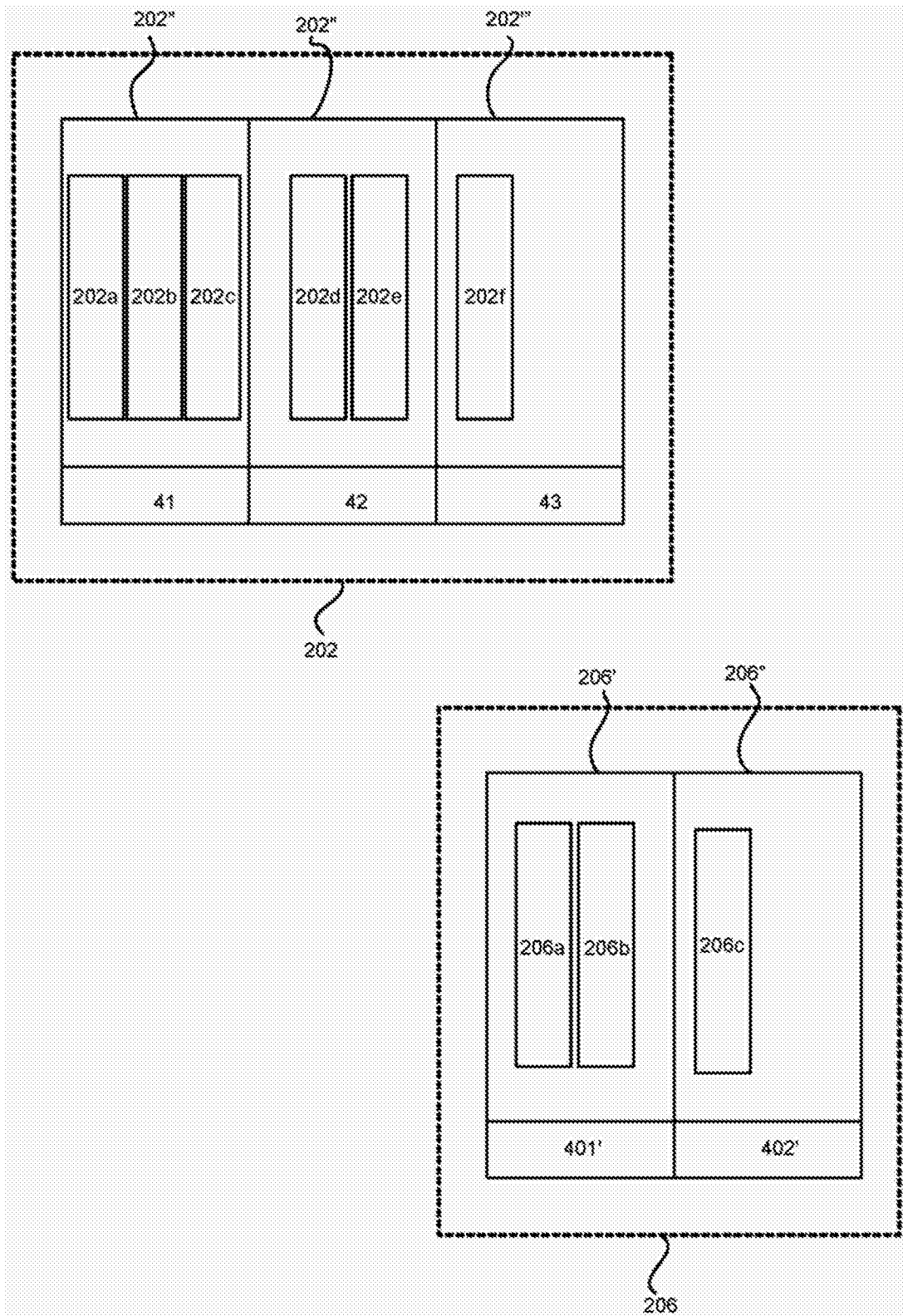


图8

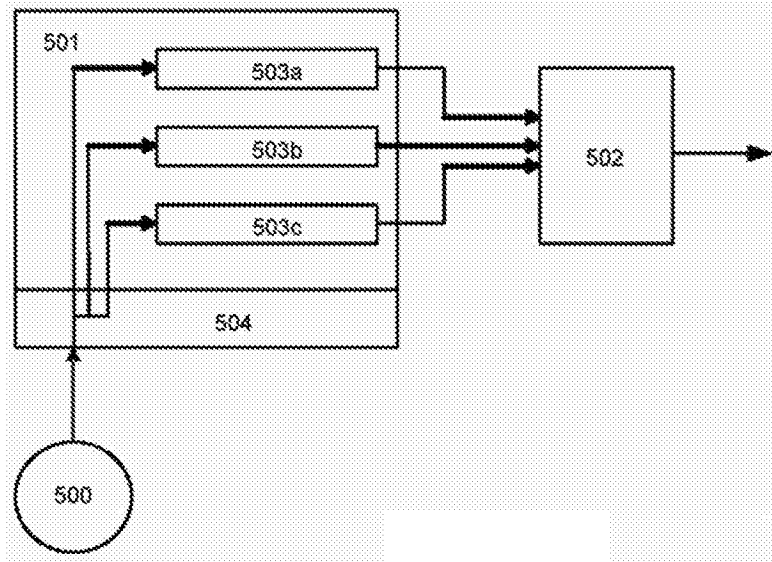


图9

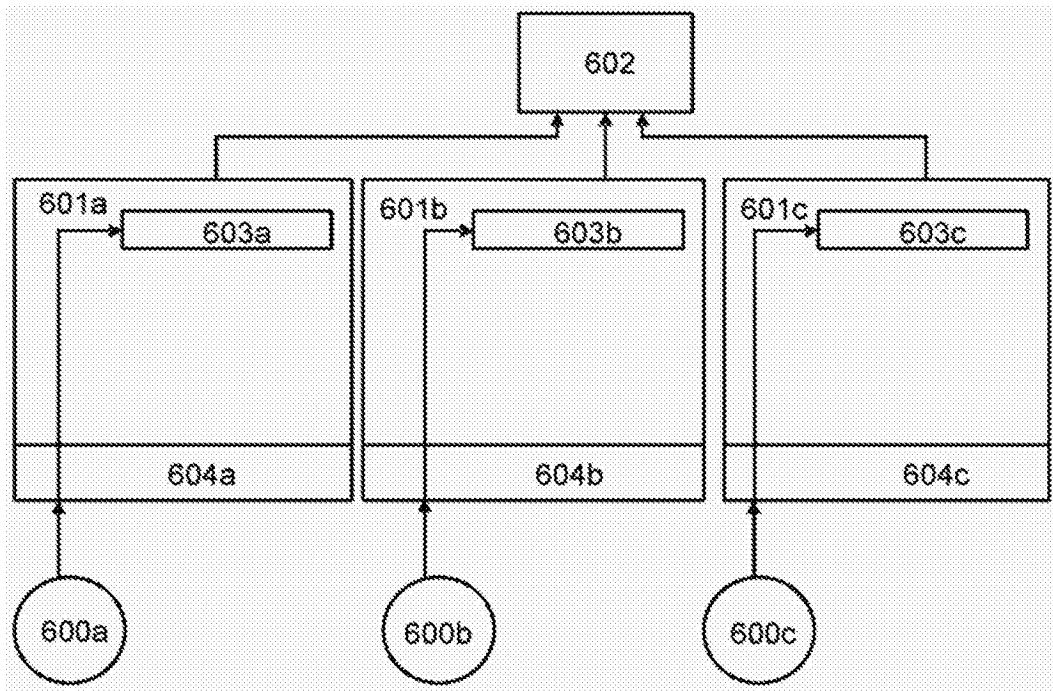


图10

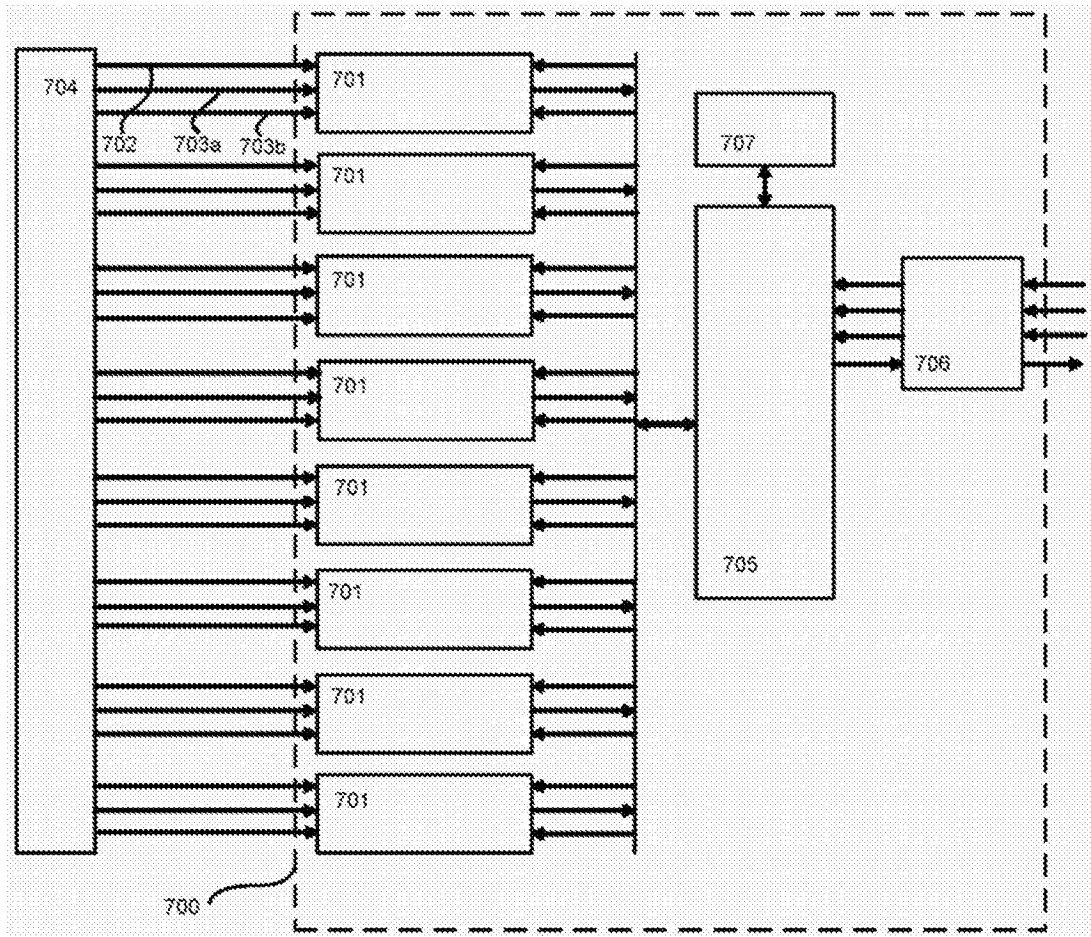


图11

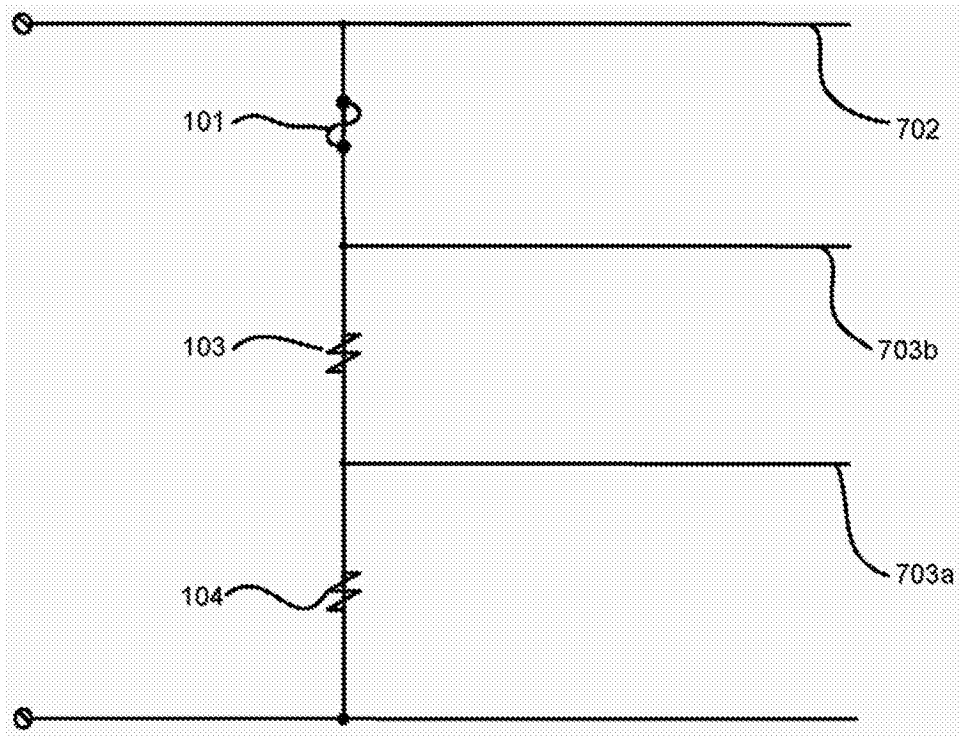


图12

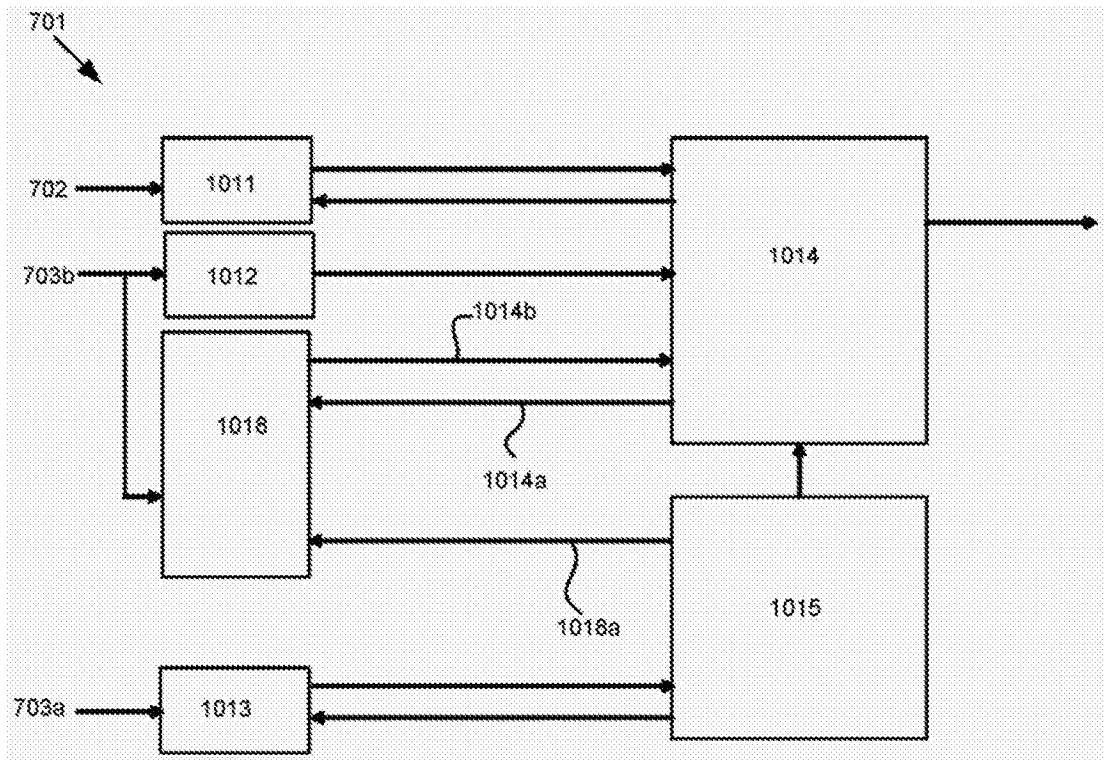


图13