

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202153136 U

(45) 授权公告日 2012. 02. 29

(21) 申请号 200990100636. 6

代理人 汪惠民

(22) 申请日 2009. 06. 04

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01C 19/5607(2012. 01)

2009-028805 2009. 02. 10 JP

G01C 19/5614(2012. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

H03M 1/64(2006. 01)

2011. 06. 24

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/002527 2009. 06. 04

(87) PCT申请的公布数据

W02010/092629 JA 2010. 08. 19

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 贝野阳一 谷口元教 犬饲文人

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

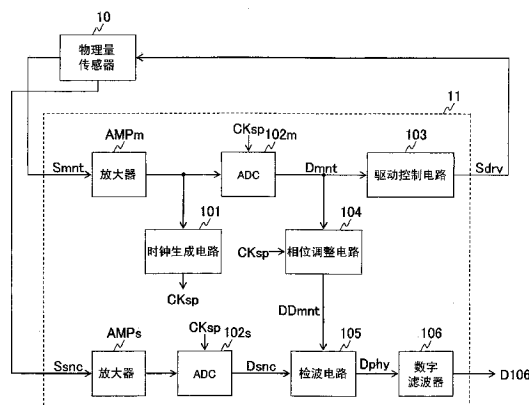
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 21 页

(54) 实用新型名称

物理量传感器系统和物理量传感器装置

(57) 摘要

本实用新型提供一种物理量传感器系统和物理量传感器装置。物理量传感器系统 (11) 驱动物理量传感器 (10), 从传感器信号 (Ssnc) 检测物理量信号 (Dphy)。模拟·数字变换电路 (102m、102s) 分别将监视信号 (Smnt) 和传感器信号 (Ssnc) 变换为数字监视信号 (Dmnt) 和数字传感器信号 (Dsnc)。驱动控制电路 (103) 根据数字监视信号 (Dmnt) 控制驱动信号 (Sdrv)。相位调整电路 (104) 调整数字监视信号 (Dmnt) 和数字传感器信号 (Dsnc) 之间的相位差。检波电路 (105) 使相位调整电路 (104) 调整相位差之后的数字监视信号和数字传感器信号相乘, 由此对物理量信号 (Dphy) 检波。



1. 一种物理量传感器系统,驱动物理量传感器,该物理量传感器通过驱动信号进行自激振动输出与所述自激振动相应的监视信号并且输出与外部提供的物理量相应的传感器信号,所述物理量传感器系统从所述传感器信号对所述物理量所对应的物理量信号进行检波,其中,

所述物理量传感器系统具备:

模拟·数字变换电路,将所述监视信号和所述传感器信号分别变换为数字监视信号和数字传感器信号;

驱动控制电路,根据所述数字监视信号控制所述驱动信号;

相位调整电路,调整所述数字监视信号与所述数字传感器信号之间的相位差,使得所述数字监视信号的相位与所述数字传感器信号的相位彼此一致;和

检波电路,使通过所述相位调整电路调整相位差之后的数字监视信号和所述数字传感器信号相乘,由此对所述物理量信号进行检波。

2. 根据权利要求1所述的物理量传感器系统,其中,

所述模拟·数字变换电路与将所述监视信号作为频率基准的采样时钟同步地进行动作。

3. 根据权利要求2所述的物理量传感器系统,其中,

所述采样时钟的频率是所述监视信号频率的4倍以上。

4. 根据权利要求1所述的物理量传感器系统,其中,

所述模拟·数字变换电路选择性地执行第1模拟·数字变换处理和第2模拟·数字变换处理,该第1模拟·数字变换处理将所述监视信号变换为所述数字监视信号,该第2模拟·数字变换处理将所述传感器信号变换为所述数字传感器信号。

5. 根据权利要求1所述的物理量传感器系统,其中,

所述模拟·数字变换电路包括:

第1模拟·数字变换器,将所述监视信号变换为所述数字监视信号;和

第2模拟·数字变换器,将所述传感器信号变换为所述数字传感器信号。

6. 根据权利要求1至5的任意一项所述的物理量传感器系统,其中,

所述驱动控制电路包括:

振幅检测电路,检测所述数字监视信号的振幅值;

增益调整电路,根据由所述振幅检测电路检测出的振幅值,使所述数字监视信号放大或衰减;和

数字·模拟变换电路,将由所述增益调整电路放大或衰减之后的数字监视信号变换为所述驱动信号。

7. 根据权利要求1至5的任意一项所述的物理量传感器系统,其中,

所述驱动控制电路包括:

振幅检测电路,检测所述数字监视信号的振幅值;和

脉冲调制电路,根据由所述振幅检测电路检测出的振幅值,调整与所述监视信号同步的脉冲信号的振幅和脉冲宽度的其中一方,作为所述驱动信号输出。

8. 根据权利要求1至5的任意一项所述的物理量传感器系统,其中,

所述驱动控制电路包括:

振幅检测电路,检测所述数字监视信号的振幅值;和

$\Delta \Sigma$ 调制电路,能根据所述振幅检测电路检测出的振幅值而改变输入增益,对所述监视信号进行 $\Delta \Sigma$ 调制,从而作为驱动信号输出。

9. 根据权利要求 1 至 5 的任意一项所述的物理量传感器系统,其中,
所述相位调整电路包括使所述数字监视信号延迟的移位寄存器。

10. 根据权利要求 9 所述的物理量传感器系统,其中,
所述移位寄存器通过按顺序使所述数字监视信号移位,生成相位各不相同的多个延迟数字监视信号,

所述相位调整电路包括选择器,该选择器选择所述多个数字监视信号的任意一个提供给所述检波电路。

11. 根据权利要求 1 至 5 的任意一项所述的物理量传感器系统,其中,

所述相位调整电路包括希尔伯特变换器,该希尔伯特变换器对所述数字监视信号进行希尔伯特变换,由此生成相位相对于所述数字监视信号延迟的第 1 数字信号和相位相对于所述数字监视信号超前的第 2 数字信号,

所述驱动控制电路根据所述第 1 数字信号控制所述驱动信号,

所述检波电路使所述数字传感器信号和所述第 2 数字信号相乘。

12. 根据权利要求 11 所述的物理量传感器系统,其中,

所述希尔伯特变换器包括:

多个延迟器,顺序使所述数字监视信号移位,生成相位各不相同的多个延迟数字监视信号;

多个乘法器,分别对所述多个延迟数字监视信号进行常数倍计算;和

加法电路,将所述多个乘法器的输出总和作为所述第 2 数字信号输出,

所述相位调整电路包括选择器,该选择器选择所述多个延迟数字监视信号的任意一个作为所述第 1 数字信号输出。

13. 根据权利要求 1 至 5 的任意一项所述的物理量传感器系统,其中,

所述相位调整电路包括使所述数字传感器信号延迟的移位寄存器。

14. 根据权利要求 13 所述的物理量传感器系统,其中,

所述移位寄存器通过顺序使所述数字传感器信号移位,生成相位各不相同的多个延迟数字传感器信号,

所述相位调整电路包括选择器,该选择器选择所述多个数字传感器信号的任意一个提供给所述检波电路。

15. 根据权利要求 1 至 5 的任意一项所述的物理量传感器系统,其中,

所述相位调整电路包括:

第 1 移位寄存器,使所述数字监视信号延迟;和

第 2 移位寄存器,使所述数字传感器信号延迟,

所述第 1 和第 2 移位寄存器分别与彼此具有不同频率的第 1 和第 2 控制时钟同步地动作。

16. 根据权利要求 1 至 5 的任意一项所述的物理量传感器系统,其中,

所述物理量传感器系统还具备调整采样时钟的相位的采样相位调整电路,

所述模拟·数字变换电路与通过所述采样相位调整电路进行相位调整之后的采样时钟同步地动作。

17. 根据权利要求 1 至 5 的任意一项所述的物理量传感器系统,其中,

所述物理量传感器系统还具备起动控制电路,该起动控制电路使所述 驱动控制电路起动,在所述物理量传感器的自激振动处于稳定状态之后使所述检波电路起动。

18. 根据权利要求 17 所述的物理量传感器系统,其中,

所述物理量传感器系统还具备:

放大器,对所述监视信号进行放大;

反馈切换部,能够切换反馈状态和切断状态,在该反馈状态中将所述放大器的输出作为所述驱动信号反馈,在该切断状态中不将所述放大器的输出作为所述驱动信号反馈;和

时钟生成电路,根据所述放大器的输出生成采样时钟,

所述模拟·数字变换电路与所述采样时钟同步地动作,

所述起动控制电路使所述时钟生成电路起动并且将所述反馈切换部设定为所述反馈状态,在所述采样时钟处于稳定状态之后使所述驱动控制电路起动并且将所述反馈切换部设定为所述切断状态。

19. 根据权利要求 18 所述的物理量传感器系统,其中,

所述时钟生成电路包括能切换闭环状态和开环状态的 PLL,

所述起动控制电路以开环状态使所述 PLL 起动,在所述 PLL 的起动完成之后将所述 PLL 设定为闭环状态。

20. 一种物理量传感器装置,包括:

物理量传感器,通过驱动信号进行自激振动输出与所述自激振动相应的监视信号并且输出与外部提供的物理量相应的传感器信号;和

权利要求 1 至 5 的任意一项所述的物理量传感器系统。

物理量传感器系统和物理量传感器装置

技术领域

[0001] 本发明涉及物理量传感器系统和具备该物理量传感器系统的物理量传感器装置。

背景技术

[0002] 以往,能检测物理量(例如角速度或加速度等)的物理量传感器被用于数字相机的手抖检测、移动体(例如航空器、汽车、船舶、机器人等)的姿势控制、导弹或宇宙飞船的制导等各种各样的技术领域。此外,近年来由于电路的微细化技术的发展,物理量传感器系统也进行着数字化。专利文献1中公开了一种由数字电路构成的2轴角速度·加速度传感器的信号处理电路。在该信号处理电路中,模拟·数字变换器将传感器的输出信号变换为数字信号。正弦波信号发生单元发出数字正弦波信号。乘法单元将数字正弦波信号与通过模拟·数字变换器得到的数字信号相乘。此外,正弦波信号发生单元具有保存用于对数字正弦波信号进行再现的多个数字值(正弦值)的存储器,以规定的定时从存储器按顺序读出这些数字值,由此产生数字正弦波信号。

[0003] 专利文献1:JP特开平3-54476号公报

[0004] 可是,在专利文献1的信号处理电路中,为了提高检波精度而以数字值正确表现正弦值的情况下,数字值的位长将会变长。此外,在为了提高检波精度而以多个数字值正确表现正弦波形的情况下,数字值的个数将会变多。当使数字值的位长或数字值的个数增加时,由于存储器所保存的信息量增多,因此招致存储器区域增加。这样,在专利文献1的信号处理电路中,由于必需将用于再现数字正弦波信号的多个数字值保存在存储器中,因此难以削减电路面积。

发明内容

[0005] 因此,本发明的目的在于提供一种可以不保存用于再现数字正弦波信号的多个数字值的物理量传感器系统。

[0006] 根据本发明的一个方面,物理量传感器系统,驱动物理量传感器,该物理量传感器通过驱动信号进行自激振动输出与所述自激振动相应的监视信号并且输出与外部提供的物理量相应的传感器信号,所述物理量传感器系统从所述传感器信号对所述物理量所对应的物理量信号进行检波,其中,所述物理量传感器系统具备:模拟·数字变换电路,将所述监视信号和所述传感器信号分别变换为数字监视信号和数字传感器信号;驱动控制电路,根据所述数字监视信号控制所述驱动信号;相位调整电路,调整所述数字监视信号与所述数字传感器信号之间的相位差;和检波电路,使通过所述相位调整电路调整相位差之后的数字监视信号和所述数字传感器信号相乘,由此对所述物理量信号进行检波。在上述物理量传感器系统中,通过使监视信号数字化,由此能够生成用于从数字传感器信号检波物理量信号的数字信号。因此,由于可以不存储用于再现数字正弦波信号的多个数字值,因此能够削减物理量传感器系统的电路规模。此外,在不增加电路规模的情况下能够提高检波精度。

[0007] 此外,所述模拟·数字变换电路可以与将所述监视信号作为频率基准的采样时钟同步地进行动作。通过这样构成,由于能够正确地使监视信号数字化,因此能够进一步提高检波精度。

[0008] 此外,所述模拟·数字变换电路可以选择性地执行第 1 模拟·数字变换处理和第 2 模拟·数字变换处理,该第 1 模拟·数字变换处理将所述监视信号变换为所述数字监视信号,该第 2 模拟·数字变换处理将所述传感器信号变换为所述数字传感器信号。这样,通过共同的模拟·数字变换器使监视信号和传感器信号数字化,能够减小数字监视信号和数字传感器信号之间的振幅差和相位差,因此,能够进一步提高检波精度。

[0009] 优选,所述驱动控制电路包括:振幅检测电路,检测所述数字监视信号的振幅值;增益调整电路,根据由所述振幅检测电路检测出的振幅值,使所述数字监视信号放大或衰减;和数字·模拟变换电路,将由所述增益调整电路放大或衰减之后的数字监视信号变换为所述驱动信号。这样,通过使驱动控制电路数字化,能够抑制因电源电压波动或温度变化引起的驱动信号的振幅波动,能够使物理量传感器的振动速度稳定。

[0010] 此外,所述相位调整电路可以包括使所述数字监视信号延迟的移位寄存器。通过这样构成,由于能够调整数字监视信号的相位,因此调整数字监视信号和数字传感器信号的相位差。

[0011] 再有,所述移位寄存器可以通过顺序使所述数字监视信号移位,分别生成相位不同的多个延迟数字监视信号,所述相位调整电路包括选择器,该选择器选择所述多个数字监视信号的任意一个提供给所述检波电路。通过这样构成,能够改变数字监视信号的移位量。

[0012] 或者,所述相位调整电路可以包括希尔伯特变换器,该希尔伯特变换器对所述数字监视信号进行希尔伯特变换,由此生成相位相对于所述数字监视信号延迟的第 1 数字信号和相位相对于所述数字监视信号超前的第 2 数字信号,所述驱动控制电路根据所述第 1 数字信号控制所述驱动信号,所述检波电路使所述数字传感器信号和所述第 2 数字信号相乘。通过这样构成,能够减小数字监视信号和数字传感器信号之间的相位差。此外,能够调整驱动信号的相位。

[0013] 再有,所述希尔伯特变换器包括:多个延迟器,顺序使所述数字监视信号移位,分别生成相位不同的多个延迟数字监视信号;多个乘法器,分别对所述多个延迟数字监视信号进行常数倍计算;和加法电路,将所述多个乘法器的输出总和作为所述第 2 数字信号输出,所述相位调整电路包括选择器,该选择器选择所述多个延迟数字监视信号的任意一个作为所述第 1 数字信号输出。通过这样构成,能够改变第 1 数字信号的移相量。

[0014] 优选,所述物理量传感器系统还具备调整采样时钟的相位的采样相位调整电路,所述模拟·数字变换电路与通过所述采样相位调整电路进行相位调整之后的采样时钟同步地动作。通过这样构成,由于能够正确地使监视信号和传感器信号数字化,因此能够提高检波精度。此外,由于能够调整数字监视信号和数字传感器信号的相位差,因此能够提高检波精度。

[0015] 优选,所述物理量传感器系统还具备起动控制电路,该起动控制电路使所述驱动控制电路起动,在所述物理量传感器的自激振动处于稳定状态之后使所述检波电路驱动。通过这样构成,能够防止检波电路中的物理量信号的误检测。

[0016] 再有,所述物理量传感器系统还具备:放大器,对所述监视信号进行放大;反馈切换部,能够切换反馈状态和切断状态,在该反馈状态中将所述放大器的输出作为所述驱动信号反馈,在该切断状态中不将所述放大器的输出作为所述驱动信号反馈;和时钟生成电路,根据所述放大器的输出生成采样时钟,所述模拟·数字变换电路与所述采样时钟同步地动作,所述起动控制电路使所述时钟生成电路起动并且将所述反馈切换部设定为所述反馈状态,在所述采样时钟处于稳定状态之后使所述驱动控制电路起动并且将所述反馈切换部设定为所述切断状态。通过这样构成,驱动控制电路能够根据正常的数字监视信号正常地控制驱动信号。

[0017] 此外,所述时钟生成电路包括能切换闭环状态和开环状态的 PLL,所述起动控制电路以开环状态使所述 PLL 起动,在所述 PLL 的起动完成之后将所述 PLL 设定为闭环状态。通过这样构成,能够使采样时钟的频率收敛。

[0018] 如上述,能够削减物理量传感器系统的电路规模。

附图说明

[0019] 图 1 表示实施方式 1 中的物理量传感器装置的结构例。

[0020] 图 2 表示图 1 所示的物理量传感器的结构例。

[0021] 图 3 表示图 1 所示的时钟生成电路的结构例。

[0022] 图 4 是用于说明图 1 所示的物理量传感器系统的动作的图。

[0023] 图 5 表示图 1 所示的驱动控制电路的结构例。

[0024] 图 6 表示图 1 所示的相位调整电路的结构例。

[0025] 图 7 表示实施方式 2 中的物理量传感器系统的结构例。

[0026] 图 8 表示实施方式 3 中的物理量传感器系统的结构例。

[0027] 图 9 是用于说明图 8 所示的起动控制电路的起动控制的图。

[0028] 图 10 是用于说明时钟生成电路的变形例的图。

[0029] 图 11 是用于说明图 10 所示的时钟生成电路的起动控制的图。

[0030] 图 12 是用于说明图 8 所示的起动控制电路的变形例的图。

[0031] 图 13 是用于说明驱动控制电路的变形例 1 的图。

[0032] 图 14 是用于说明驱动控制电路的变形例 2 的图。

[0033] 图 15 是用于说明驱动控制电路的变形例 3 的图。

[0034] 图 16 表示图 15 所示的 $\Delta \Sigma$ 调制电路的结构例。

[0035] 图 17 是用于说明相位调整电路的变形例 1 的图。

[0036] 图 18 表示图 17 所示的相位调整电路的结构例。

[0037] 图 19 是用于说明相位调整电路的变形例 2 的图。

[0038] 图 20 是用于说明相位调整电路的变形例 3 的图。

[0039] 图 21 是用于说明时钟生成电路的变形例 1 的图。

[0040] 图 22 是用于说明时钟生成电路的变形例 2 的图。

[0041] 图 23 是用于说明时钟生成电路的变形例 3 的图。

[0042] 图 24 是用于说明时钟生成电路的变形例 4 的图。

具体实施方式

[0043] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行详细说明。此外,对于图中相同或相当部分附与相同的符号并省略其说明。

[0044] 实施方式 1

[0045] 图 1 表示实施方式 1 中的物理量传感器装置的结构例。物理量传感器装置具备物理量传感器 10、物理量传感器系统 11。

[0046] 物理量传感器

[0047] 物理量传感器 10 通过驱动信号 S_{drv} 进行自激振动,输出与其自激振动相应的监视信号 S_{mnt} 。此外,物理量传感器 10 根据从外部提供的物理量(例如角速度、加速度等)输出传感器信号 S_{snc} 。此外,这里物理量传感器 10 是音叉型的角速度传感器。例如,如图 2 所示物理量传感器 10 具有:音叉主体 10a、驱动压电元件 P_{drv} 、监视压电元件 P_{mnt} 、传感器压电元件 P_{Da} 、 P_{Db} 。音叉主体 10a 具有:各自在中央部被扭成直角的一对音叉片、连结音叉片各自的一端的连结部、以成为转动轴的方式设置于连结部的支撑栓。驱动压电元件 P_{drv} 根据驱动信号 S_{drv} 使其中一个音叉片振动。由此,2 个音叉片彼此共振。通过该音叉振动,在监视压电元件 P_{mnt} 中产生电荷(也就是产生监视信号 S_{mnt})。此外,当转动角速度(柯利奥利力)发生时,传感器压电元件 P_{Da} 、 P_{Db} 中产生与转动角速度相应的电荷(也就是产生传感器信号 S_{snc})。在该传感器信号 S_{snc} 中叠加了提供给物理量传感器 10 的物理量所对应的物理量信号。也就是说,传感器信号 S_{snc} (例如几十 kHz)被物理量信号(例如几 Hz)振幅调制。

[0048] 物理量传感器系统

[0049] 返回图 1,物理量传感器系统 11 具备:放大器 AMP_m 、 AMP_s 、时钟生成电路 101、模拟·数字变换器(ADC)102m、102s、驱动控制电路 103、相位调整电路 104、检波电路 105、数字滤波器 106。

[0050] 放大器 AMP_m 对来自物理量传感器 10 的监视信号 S_{mnt} 进行放大。放大器 AMP_s 对来自物理量传感器 10 的传感器信号 S_{snc} 进行放大。时钟生成电路 101 根据经由放大器 AMP_m 提供的监视信号 S_{mnt} ,生成采样时钟 CK_{sp} 。如图 3 所示,例如时钟生成电路 101 包括:波形整形电路 111,将来自放大器 AMP_m 的监视信号 S_{mnt} 变换为方波从而作为基准时钟 CK_r 输出;和倍频电路 112,使基准时钟 CK_r 增倍从而作为采样时钟 CK_{sp} 输出。例如,波形整形电路 111 由比较器构成,倍频电路 112 由 PLL(Phase Locked Loop) 构成。

[0051] 模拟·数字变换器 102m 与采样时钟 CK_{sp} 同步地,将经由放大器 AMP_m 提供的监视信号 S_{mnt} 变换为数字监视信号 D_{mnt} 。模拟·数字变换器 102s 与采样时钟 CK_{sp} 同步地,将经由放大器 AMP_m 提供的传感器信号 S_{snc} 变换为数字传感器信号 D_{snc} 。驱动控制电路 103 根据通过模拟·数字变换器 102m 得到的数字监视信号 D_{mnt} 来控制驱动信号 S_{drv} ,使得监视信号 S_{mnt} 的振幅恒定。相位调整电路 104 调整数字传感器信号 D_{snc} 与数字监视信号 D_{mnt} 之间的相位差,使得数字传感器信号 D_{snc} 的相位与数字监视信号 D_{mnt} 的相位彼此一致。在此,相位调整电路 104 与采样时钟 CK_{sp} 同步地使数字监视信号 D_{mnt} 延迟从而作为延迟数字监视信号 DD_{mnt} 输出。检波电路 105 通过使数字传感器信号 D_{snc} 与延迟数字监视信号 DD_{mnt} 相乘,由此对提供给物理量传感器 10 的物理量所对应的物理量信号 D_{phy} 进行检波。例如,检波电路 105 由乘法器构成。数字滤波器 106 除去物理量信号 D_{phy} 中含有

的噪声成分,从而作为物理量信号 D106 输出,例如,数字滤波器 106 由低通滤波器构成。

[0052] 动作

[0053] 接下来,参照图 4 对图 1 所示的物理量传感器系统的动作进行说明。基于柯利奥利力的发生原理,监视信号 Smnt 的相位比传感器信号 Ssnc 的相位延迟 90° 。首先,监视信号 Smnt 和传感器信号 Ssnc 分别变换为由数字值 P0、P1、... 组成的数字监视信号 Dmnt 和由数字值 Q0、Q1、... 组成的数字传感器信号 Dsnc。接下来,数字监视信号 Dmnt 的相位被延迟 270° (也就是超前 90°)。由此,延迟数字监视信号 DDMnt 的相位与数字传感器信号 Dsnc 的相位一致。接着,检波电路 105 分别对数字值 P0、P1、... 乘以数字值 Q0、Q1、...。这样,对物理量信号 Dphy 进行检波。

[0054] 如上述,通过使监视信号 Smnt 数字化,由此从数字传感器信号 Dsnc 生成用于检波物理量信号 Dphy 的数字信号。因此,由于可以不保存用于再现数字正弦波信号的多个数字值,因此能够削减物理量传感器系统的电路规模。

[0055] 此外,采样频率(采样时钟 CKsp 的频率)越高,则越能够减少量化噪声,越能够提高检波精度。特别在 $\Delta \Sigma$ 型模拟·数字变换器的情况下,与其他类型的模拟·数字变换器相比量化噪声显著降低。此外,以往采样频率越高,则用于再现数字正弦波信号的数字值的个数越是增加。另一方面,在该实施方式中,由于可以不保存那些数字值,因此不用增加电路规模就能够提高检波精度。此外,优选采样时钟 CKsp 的频率是监视信号 Smnt 频率的 4 倍以上。通过这样设定,能够正确检测数字监视信号 Dmnt 的振幅值。

[0056] 再有,时钟生成电路 101 将监视信号 Smnt 作为频率基础生成采样时钟 CKsp,由此能够使采样时钟 CKsp 与监视信号 Smnt 同步。由此,由于能够正确使监视信号 Smnt 数字化,因此能够进一步提高检波精度。此外,不仅是模拟·数字变换器 102m、102s,物理量传感器系统 11 所具备的数字电路(驱动控制电路、相位调整电路、检波电路、数字滤波器电路等)各个电路都可以与将监视信号 Smnt 作为频率基准的时钟同步地动作。例如,时钟生成电路 101 使基准时钟 CKr 倍频(或者,使采样时钟 CKsp 分频),由此可以生成适合于各个数字电路的动作时钟。通过这样构成,能够使物理量传感器系统所具备的数字电路与监视信号 Smnt 同步,能够进一步提高检波精度和驱动控制的精度。

[0057] 驱动控制电路

[0058] 图 5 表示图 1 所示的驱动控制电路 103 的结构例。驱动控制电路 103 包括:振幅检测电路 131、增益设定电路 132、乘法电路 133、相位调整电路 134、数字·模拟变换电路(DAC) 135。振幅检测电路 131 检测数字监视信号 Dmnt 的振幅值作为振幅值 D131(数字值)输出。例如,振幅检测电路 131 可以检测数字监视信号 Dmnt 的最大值和最小值,根据其最大值和最小值的差值来计算振幅值 D131。或者,振幅检测电路 131 可以使数字监视信号 Dmnt 移相 90° 从而取得数字移相信号,将数字监视信号 Dmnt 与数字移相信号的平方和的平方根作为振幅值 D131 算出。增益设定电路 132 根据振幅值 D131 设定增益值 G132,使得振幅值 D131 越小则增益值 G132 越大。乘法电路 133 对数字监视信号 Dmnt 乘以增益值 G132 从而作为数字监视信号 Damp 输出。相位调整电路 134 调整数字监视信号 Damp 的相位,使得监视信号 Smnt 与驱动信号 Sdrv 彼此同步。数字·模拟变换电路 135 将由相位调整电路 134 进行相位调整之后的数字监视信号 Damp 变换为驱动信号 Sdrv。

[0059] 如上述,通过使驱动控制电路数字化,与由模拟电路构成的驱动电路相比,能够抑

制因电源电压的波动和温度变化引起的驱动信号 Sdrv 的振幅变动,能够使物理量传感器 10 的振动速度稳定。由此,由于监视信号 Smnt、传感器信号 Ssnc 的频率和振幅变得稳定,因此能够进一步提高检波精度。此外,在乘法电路 133 的前级配置相位调整电路 134。

[0060] 此外,振幅检测电路 131 可以反复实行检测数字监视信号 Dmnt 的振幅值的处理,使通过该处理得到的多个振幅值平均化从而作为振幅值 D131 输出。由于物理量传感器 10 的自激振动而在监视信号 Smnt 中发生频率抖动的情况下,在模拟·数字变换器 102m 中监视信号 Smnt 的采样点变动,从而即便监视信号 Smnt 的振幅恒定由振幅检测电路 131 得到的振幅值也会波动。在此,通过求出多个振幅值的平均值,能够抑制因监视信号 Smnt 的频率抖动引起的振幅值的波动。由此,由于能够正确地控制驱动信号 Sdrv,因此能够进一步使物理量传感器 10 的振动速度稳定。

[0061] 相位调整电路

[0062] 图 6 表示图 1 所示的相位调整电路 104 的结构例。相位调整电路 104 包括移位寄存器 141、选择器 142。移位寄存器 141 通过与采样时钟 CKsp 同步地顺序使数字监视信号 Dmnt 移位,由此生成各自相位不同的 n 个 (n 为 2 以上的整数) 的延迟数字信号 DD(1)、DD(2)、...、DD(n)。例如,移位寄存器 141 包括级联的 n 个触发器 FF(1)、FF(2)、...、FF(n)。选择器 142 按照外部控制 CTRL (例如处理物理量信号 D106 的数字信号处理电路进行的控制) 选择延迟数字信号 DD(1)、DD(2)、...、DD(n) 的其中一个,作为延迟数字监视信号 DDmnt 输出。通过这样构成,能够将采样时钟 CKsp 的周期作为最小单位,来调整数字监视信号 Dmnt 和数字传感器信号 Dsnc 的相位差。

[0063] 此外,按照外部控制 CTRL 选择器 142 选择性地输出延迟数字信号 DD(1)、DD(2)、...、DD(n),由此能够改变延迟数字监视信号 DDmnt 的移相量 (延迟量)。此外,延迟数字监视信号 Dmnt 的移相量也可以是固定值。也就是说,也可以不经由选择器 142 而将移位寄存器 141 的延迟数字信号 DD(n) 作为延迟数字监视信号 DDmnt 提供。该情况下,可根据移位寄存器 141 中包含的触发器的个数来确定延迟数字监视信号 DDmnt 的移相量。此外,相位调整电路 134 也可以是与图 6 所示的相位调整电路 104 同样的结构。

[0064] 实施方式 2

[0065] 实施方式 2 的物理量传感器装置,代替图 1 所示的物理量传感器系统 11 具备图 7 所示的物理量传感器系统 21。物理量传感器系统 21 代替图 1 所示的模拟·数字变换器 102m、102s 具备模拟·数字变换电路 202。其他结构与图 1 相同。

[0066] 模拟·数字变换电路 202,选择性的分别针对监视信号 Smnt 和传感器信号 Ssnc 实行模拟·数字变换处理。例如,模拟·数字变换电路 202 包括选择器 211、模拟·数字变换器 212、选择器 213。选择器 211 交替选择监视信号 Smnt 和传感器信号 Ssnc。模拟·数字变换器 212 将选择器 211 所选择的信号变换为数字信号。选择器 213 在由选择器 211 选择监视信号 Smnt 的情况下将来自模拟·数字变换器 212 的数字信号作为数字监视信号 Dmnt 提供给驱动控制电路 103 和相位调整电路 104,在由选择器 211 选择传感器信号 Ssnc 的情况下,将来自模拟·数字变换器 212 的数字信号作为数字传感器信号 Dsnc 提供给检波电路 105。这样,监视信号 Smnt 和传感器信号 Ssnc 以时间分割被数字化。

[0067] 如上述,通过共同的模拟·数字变换器使监视信号 Smnt 和传感器信号 Ssnc 数字化,由此能够减小数字监视信号 Dmnt 和数字传感器信号 Dsnc 之间的振幅差和相位差,因

此,能够进一步提高检波精度。

[0068] 实施方式 3

[0069] 实施方式 3 的物理量传感器代替图 1 所示的物理量传感器系统 11 具备图 8 所示的物理量传感器系统 31。物理量传感器系统 31 除了图 1 所示的结构以外,还具备起动控制电路 300 和反馈开关 SW303。起动控制电路 300 包括:计数器 301,响应起动开始信号 STR 开始计数;和信号输出部 302,根据计时器 301 的计数值 CNT 输出使能信号 EN1、EN2、EN3 以及控制信号 SS1。时钟生成电路 101、驱动控制电路 103、检波电路 105 分别响应使能信号 EN1、EN2、EN3 进行起动。反馈开关 SW303 连接在放大器 AMPm 与物理量传感器 10 的驱动压电元件 Pdrv 之间,响应控制信号 SS1 切换导通/关断。

[0070] 起动控制

[0071] 接下来,参照图 9 对图 8 所示的起动控制电路 300 进行的起动控制进行说明。

[0072] 首先,当提供起动开始信号 STR 时,计数器 301 开始计数,信号输出部 302 开始输出控制信号 SS1 从而使反馈开关 SW303 导通。由此,放大器 AMPm 的输出作为驱动信号 Sdrv 被反馈至物理量传感器 10。此外,信号输出部 302 开始输出使能信号 EN1 从而起动时钟生成电路 101。由此,时钟生成电路 101 开始采样时钟 CKsp 的生成。

[0073] 接下来,当经过时钟稳定时间 T1 时,采样时钟 CKsp 从不稳定状态变为稳定状态。例如,采样时钟 CKsp 的频率收敛于规定的频率(模拟·数字变换器 102m 能够正常工作的频率)。计数值 CNT 为对应时钟稳定时间 T1 的第 1 基准值(在此为 8)。当计数值 CNT 达到第 1 基准值时,信号输出部 302 停止输出控制信号 SS1 从而使反馈开关 SW303 关断。由此,放大器 AMPm 的输出不作为驱动信号 Sdrv 被反馈。此外,信号输出部 302 开始输出使能信号 EN2 从而起动驱动控制电路 103。由此,驱动控制电路 103 开始生成驱动信号 Sdrv。

[0074] 接下来,当经过驱动稳定时间 T2 时,物理量传感器 10 的自激振动从不稳定状态变为稳定状态。例如,物理量传感器 10 的振动速度处于恒定速度。计数值 CNT 为对应时钟稳定时间 T1 和驱动稳定时间 T2 的总和的第 2 基准值(在此为 13)。当计数值 CNT 达到第 2 基准值时,信号输出部 302 输出使能信号 EN3 从而起动检波电路 105。由此,检波电路 105 开始物理量信号的 Dphy 的检波。

[0075] 在物理量传感器 10 的自激振动处于稳定状态之前检波电路 105 起动的情况下,由于监视信号 Smnt、传感器信号 Ssnc 的振幅和频率不稳定,因此检波信号 105 有可能检测到错误的物理量信号(与提供给物理量传感器 10 的物理量不对应的物理量信号)。另一方面,在该实施方式中,在物理量传感器 10 的自激振动变为稳定状态之后使检波电路 105 起动,由此能够在使监视信号 Smnt、传感器信号 Ssnc 的振幅和频率稳定之后实行检波处理。由此能够防止检波电路 105 中的物理信号的误检测。

[0076] 此外,在采样时钟 CKsp 变为稳定状态之前驱动控制电路 103 起动的情况下,由于模拟·数字变换器 102m 无法正常工作,因此驱动控制电路 103 有可能无法正常控制驱动信号 Sdrv。因此,物理量传感器 10 的振动速度变得过快,从而有可能损坏物理量传感器 10。另一方面,在该实施方式中,在采样时钟 CKsp 处于稳定状态之后起动驱动控制电路 103,由此驱动控制电路 103 能够根据正常的数字监视信号 Dmnt(对应监视信号 Smnt 的数字监视信号)正常地控制驱动信号 Sdrv。由此,能够防止物理传感器 10 损坏。

[0077] 实施方式 3 的变形例

[0078] 此外,物理量传感器系统 31 可以代替时钟生成电路 101,具备图 10 所示的时钟生成电路 101a。时钟生成电路 101a 包括波形整形电路 111、能切换闭环状态和开环状态的 PLL304。

[0079] PLL304 包括:相位频率检测器 (PFD) 311、电荷泵 (CP) 312、低通滤波器 (LPF) 313、电压控制振荡器 (VCO) 314、分频器 (DIV) 315、环路开关 SW304。环路开关 SW304 连接在分频器 315 和相位频率检测器 311 之间。相位频率检测器 311 检测基准时钟 CKr 与经由环路开关 SW304 提供的分频时钟 CKdiv 之间的相位差,输出充电信号 UP 和放电信号 DN。电荷泵 312 响应充电信号 UP/放电信号 DN 使低通滤波器 313 的电压(控制电压 Vc)增加/减少。电压控制振荡器 314 根据控制电压 Vc 调整采样时钟 CKsp 的频率。分频器 315 对采样时钟 CKsp 进行分频从而作为分频时钟 CKdiv 进行输出。此外,信号输出部 302 输出用于切换环路开关 SW304 的导通/关断的控制信号 SS2。

[0080] 如图 11 所示,当提供起动开始信号 STR 时,计时器 301 开始计时,信号输出部 302 停止输出控制信号 SS2 从而使环路开关 SW304 关断。由此,PLL304 处于开环状态。接下来,当经过起动完成时间 T0 时,PLL304 的起动完成。例如,控制电压 Vc 达到规定值(PLL304 能够开始频率控制的程度的电压值)。计数值 CNT 为对应起动完成时间 T0 的第 3 基准值(在此为 4)。当计数值 CNT 达到第 3 基准值时,信号输出部 302 开始输出控制信号 SS2。由此,PLL304 处于闭环状态。

[0081] 在 PLL304 起动完成之前将 PLL304 设定为闭环状态的情况下,采样时钟 CKsp 的频率有可能不收敛。另一方面,在此在 PLL304 的起动完成之后将 PLL304 设定为闭环状态,由此能够使采样时钟 CKsp 的频率收敛。

[0082] 起动控制电路的变形例

[0083] 此外,物理量传感器系统 31 可以代替起动控制电路 300 具备图 12 所示的起动控制电路 300a。起动控制电路 300a 包括:起动完成检测部 320,检测 PLL304 的起动完成;时钟稳定检测部 321,检测采样时钟 CKsp 的稳定状态;传感器稳定检测部 322,检测物理量传感器 10 的自激振动的稳定状态;和信号输出部 302。例如,起动完成检测部 320 检测控制电压 Vc 达到规定值(PLL304 能够开始频率控制的程度的电压值)。时钟稳定检测部 321 检测到基准时钟 CKr 和分频时钟 CKdiv 为相位锁存状态。此外,时钟稳定检测部 321 也可以检测控制电压 Vc 是否处于恒定。传感器稳定检测部 322,检测出振幅值 D131(数字监视信号 Dmnt 的振幅值)变为恒定。

[0084] 信号输出部 302 响应起动开始信号 STR 开始输出控制信号 SS1 和使能信号 EN1 并且停止输出控制信号 SS2,响应由起动完成检测部 320 进行的检测开始输出控制信号 SS2。由此,在 PLL304 的起动完成之后 PLL304 被设定为闭环状态。此外,信号输出部 302 响应由时钟稳定检测部 321 进行的检测,停止输出控制信号 SS1,并且开始输出使能信号 EN2。由此,在采样时钟 CKsp 处于稳定状态之后起动驱动控制电路 103。再有,信号输出部 302 响应由传感器稳定检测部 322 进行的检测开始输出使能信号 EN3。由此,在物理量传感器 10 的自激振动处于稳定状态之后检波电路 105 起动。

[0085] 此外,起动控制电路 300、300a、时钟生成电路 101a 也可适用于图 7 所示的物理量传感器系统 21。

[0086] 驱动控制电路的变形例

[0087] 在以上的各实施方式中,物理量传感器系统 11、21、31 可以代替驱动控制电路 103 具备图 13、图 14、图 15 所示的驱动控制电路 103a、103b、103c。

[0088] 驱动控制电路的变形例 1

[0089] 图 13 所示的驱动控制电路 103a 包括:振幅检测电路 131、波形整形电路 400、相位调整电路 134、脉冲振幅调制电路 (PAM) 401。波形整形电路 400 将经由放大器 AMPm 提供的监视信号 Smnt 变换为方波作为脉冲信号 P400 输出。例如,波形整形电路 400 由比较器构成。相位调整电路 134 调整脉冲信号 P400 的相位。脉冲振幅调制电路 401 按照振幅值 D131 越小则使驱动信号 Sdrv 的振幅越大的方式,根据振幅值 D131 调整由相位调整电路 134 相位调整之后的脉冲信号 P400 的振幅,作为驱动信号 Sdrv 进行输出。驱动信号 Sdrv 的振幅越大,则物理量传感器 10 的振动速度越快,其结果,监视信号 Smnt 的振幅变大。此外,相位调整电路 134 也可以配置在振幅调制电路 401 的后级。

[0090] 在脉冲振幅调制电路 401 中,与由模拟电路构成的驱动电路相比,不易发生因电源电压的波动或温度变化引起的噪声。因此,能够正确地控制驱动信号 Sdrv 的振幅。此外,由于驱动信号 Sdrv 是脉冲信号,因此驱动信号 Sdrv 中包含奇数次的高次谐波(具有基本频率的奇数倍频率的高次谐波)。另一方面,由于物理量传感器 10 具有高的 Q 值(也就是具有越是靠近基本频率增益越大的频率响应特性),因此物理量传感器 10 几乎不对奇数次的高次谐波进行响应。通过该频率响应特性,因奇数次高次谐波引起的物理量传感器 10 振动速度的波动得到抑制。

[0091] 驱动控制电路的变形例 2

[0092] 图 14 所示的驱动控制电路 103b 包括:振幅检测电路 131、波形整形电路 400、相位调整电路 134、脉宽调制电路 (PWM) 402、模拟滤波器 403。脉宽调制电路 402 按照振幅值 D103 越小则驱动信号 Sdrv 的占空比(高电平区间相对于一周期的比例)越接近 50%的方式,根据振幅值 D131 调整由相位调整电路 134 相位调整之后的脉冲信号 P400 的占空比,从而作为驱动信号 P402 输出。模拟滤波器 403 使驱动信号 P402 之中特定的频率成分(例如靠近基本频率的成分)并且使其他频率成分衰减,从而作为驱动信号 Sdrv 输出。由此,能够使驱动信号 Sdrv 的波形接近于正弦波形。例如,模拟滤波器 403 由带通滤波器等构成。驱动信号 P402 的占空比越是接近 50%,则物理量传感器 10 的振动速度越快,其结果监视信号 Smnt 的振幅变大。此外,也可以将相位调整电路 134 配置在脉宽调制电路 402 的后级,还可以不设置相位调整电路 134 利用模拟滤波器 403 的相位特性来调整驱动信号 Sdrv 的相位。此外,也可以代替驱动信号 Sdrv 将驱动信号 P402 提供给物理量传感器 10。

[0093] 在脉宽调制电路 402 中,与由模拟电路构成的驱动电路相比,不易发生因电源电压的波动或温度变化引起的噪声。因此,能够正确地控制驱动信号 Sdrv 的脉冲宽度。此外,由于驱动信号 Sdrv 是脉宽调制后的信号,因此包含基本频率的整数倍的频率成分即高次谐波,但通过物理量传感器 10 的频率响应特性,可抑制因该高次谐波引起的物理量传感器 10 振动速度的波动。

[0094] 驱动控制电路的变形例 3

[0095] 图 15 所示的驱动控制电路 103c 包括:振幅检测电路 131、 $\Delta \Sigma$ 调制电路 404、模拟滤波器 403。 $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 对经由放大器 AMPm 提供的监视信号 Smnt 进行 $\Delta \Sigma$ 调制从而作为驱动信号 P404 输出。此外, $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 的输入增益是根据振幅值 D131 可

变的。也就是说， $\Delta \Sigma$ 调制电路 404，根据输入增益取入放大或衰减之后的监视信号 S_{mnt} 。此外，在 $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 中，随着监视信号 S_{mnt} 的增减驱动信号 P404 的脉冲密度发生变化。此外，也可以将相位调整电路 134 配置在 $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 的后级。此外，也可以代替驱动信号 S_{drv} 将驱动信号 P404 提供给物理量传感器 10。

[0096] 如图 16 所示， $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 包括具有采样电容 C_s 、 C_o 和开关 SW1、SW2、SW3、SW4 的运算部 411、具有运算放大器 AMP、反馈电容 C_f 的积分器 412、比较器 413、选择器 414、控制部 415。在此，采样电容 C_s 是可变电容。

[0097] 运算部 411 对监视信号 S_{mnt} 进行采样，将通过采样得到的电压作为监视电压 V_{mnt} 保持在采样电容 C_s ，并且对选择部 414 的输出进行采样，将通过采样得到的电压作为运算电压 V_o 保持在采样电容 C_o 中。接下来，运算部 411 在监视电压 V_{mnt} 上加上运算电压 V_o 并将相加结果输出至积分器 412。积分器 412 对运算器 411 的输出进行积分。比较器 413 比较积分器 412 的输出和阈值电压 V_{th} （例如接地电压），从而使积分器 412 的输出二值化作为驱动信号 P404 输出。选择部 414 根据比较器 413 的输出选择基准电压 V_P 和 V_M 的其中一个提供给运算部 411。在比较器 413 的输出为高电平的情况下，选择比阈值电压 V_{th} 低的基准电压 V_M ，在比较器 413 的输出为低电平的情况下，选择比阈值电压 V_{th} 高的基准电压 V_P 。

[0098] 控制部 415 按照振幅值 D131 越小则使采样电容 C_s 与反馈电容 C_f 的容量比 (C_s/C_f) 越大的方式，根据振幅值 D131 设定采样电容 C_s 的电容值。容量比 (C_s/C_f) 越大，则 $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 的输入增益越大。由此，在驱动信号 P404 中，过渡期间（信号电平的迁移较多的期间）变短，并且高电平稳定期间（高电平的发生频率较高的期间）和低电平稳定期间（低电平的发生频率较高的期间）变长。此外，高电平稳定期间和低电平稳定期间越长，则物理量传感器 10 的振动速度越快，其结果监视信号 S_{mnt} 的振幅变大。此外，不仅是采样电容 C_s ，采样电容 C_o 和反馈电容 C_f 也可以由可变电容构成。也就是说，通过调整采样电容 C_s 、 C_o 和反馈电容 C_f 之中的至少一个电容值，能够调整 $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 的输入增益。例如，通过减小采样电容 C_o 和 C_s 的容量比 (C_o/C_s)，能够增大 $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 的输入增益。

[0099] 在 $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 中，与由模拟电路构成的驱动电路相比，不易发生因电源电压波动或温度变化引起的噪声。因此，能够正确地控制驱动信号 P404 的脉冲密度。再有，由于驱动信号 P404 是被 $\Delta \Sigma$ 调制的信号，因此噪声成分集中在高于基准频率的高频带（噪声修整），但因其高频带的噪声成分引起的物理量传感器 10 振动速度的波动，通过物理量传感器 10 的频率响应特性可得到抑制。

[0100] 如上述，将由脉冲振幅调制电路 401、脉宽调制电路 402、 $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 生成的脉冲调制信号（脉冲振幅调制信号、脉宽调制信号、脉冲密度调制信号）用作驱动信号，由此，能够抑制因电源电压波动或温度变化引起的物理量传感器 10 的振动速度波动，因此能够使物理量传感器 10 的检测精度稳定。

[0101] 此外，在图 5 所示的数字·模拟变换电路 135 中，有可能发生误码 (Miss code；输出不对应数字值的模拟值)，但由于在脉冲振幅调制电路 401、脉宽调制电路 402、 $\Delta \Sigma$ 调制电路 404 中不发生误码，因此与数字·模拟调制电路 135 相比能够更加正确地控制驱动信号 S_{drv} 。

[0102] 相位调整电路的变形例

[0103] 此外,在物理量传感器系统 11、21、31 中,相位调整电路也可以如图 17、19、20 那样构成。也就是说,物理量传感器系统 11、21、31 既可以代替相位调整电路 104 而具备图 17、图 19 所示的相位调整电路 104a、104s,也可以如图 20 所示那样与相位调整电路 104 一起配备相位调整电路 104s。以下,对相位调整电路的变形例进行说明。

[0104] 相位调整电路的变形例 1

[0105] 图 17 所示的物理量传感器系统 11a 代替相位调整电路 104 具备相位调整电路 104a。其他结构与图 1 所示的物理量传感器系统 11 相同。相位调整电路 104a 对数字监视信号 D_{mnt} 进行希尔伯特(Hilbert)变换,由此将相位比数字监视信号 D_{mnt} 延迟的数字信号 DD_x 提供给驱动控制电路 103,并且将相位比数字监视信号 D_{mnt} 超前的(约超前 90°)数字信号 DD_y 提供给检波电路 105。

[0106] 图 18 表示图 17 所示的相位调整电路 104a 的结构例。相位调整电路 104a 包括希尔伯特变换器 501、选择器 502。希尔伯特变换器 501 包括: $2m$ 个(m 为 2 以上的整数)触发器(延迟器) $FF(1)$ 、 $FF(2)$ 、 \dots 、 $FF(2m)$ 、 $2m$ 个乘法器 $H(1)$ 、 $H(2)$ 、 \dots 、 $H(2m)$ 、和 $(2m-1)$ 个加法器 $A(2)$ 、 \dots 、 $A(2m)$ 。触发器 $FF(1)$ 、 $FF(2)$ 、 \dots 、 $FF(2m)$ 与采样时钟 CK_{sp} 同步地顺序使数字监视信号 D_{mnt} 移位,从而分别生成相位不同的 $2m$ 个延迟数字监视信号 $DM(1)$ 、 $DM(2)$ 、 \dots 、 $DM(2m)$ 。乘法器 $H(1)$ 、 $H(2)$ 、 \dots 、 $H(2m)$ 分别对延迟数字监视信号 $DM(1)$ 、 $DM(2)$ 、 \dots 、 $DM(2m)$ 进行常数倍的运算。加法器 $A(2)$ 、 \dots 、 $A(2m)$ 将乘法器 $H(1)$ 、 $H(2)$ 、 \dots 、 $H(2m)$ 的输出总和作为数字信号 DD_y 输出。选择器 502 按照外部控制 $CTRL$ 将延迟数字监视信号 $DM(1)$ 、 $DM(2)$ 、 \dots 、 $DM(2m)$ 的其中一个作为数字信号 DD_x 选择。此外,数字信号 DD_y 的相位比延迟数字监视信号 $DM(m)$ 的相位超前 90° 。

[0107] 如上述,通过对数字监视信号 D_{mnt} 进行希尔伯特变换,能够减小数字监视信号 D_{mnt} 和数字传感器信号 D_{snc} 之间的相位差。此外,通过使数字监视信号 D_{mnt} 延迟之后提供给驱动控制电路 103,由此能够将采样时钟 CK_{sp} 的周期作为最小单位来调整驱动信号 S_{drv} 的相位。例如,按照监视信号 S_{mnt} 和驱动信号 S_{drv} 彼此同步的方式设常数字信号 DD_x 的延迟量的情况下,驱动控制电路 103 也可以不包含相位调整电路 134。此外,也可以不经由相位调整电路 104a 将数字监视信号 D_{mnt} 提供给驱动控制电路 103。

[0108] 再有,按照外部控制 $CTRL$ 选择器 502 选择性地输出延迟数字监视信号 $DM(1)$ 、 $DM(2)$ 、 \dots 、 $DM(2m)$,由此将采样时钟 CK_{sp} 的周期作为最小单位来改变数字信号 DD_x 的移相量。此外,数字信号 DD_x 的移相量也可以是固定值。也就是说,可以不经由选择器 502,将延迟数字监视信号 $DM(1)$ 、 $DM(2)$ 、 \dots 、 $DM(2m)$ 的其中一个提供给驱动控制电路 103。

[0109] 相位调整电路的变形例 2

[0110] 图 19 所示的物理量传感器系统 11b,代替相位调整电路 104 具备调整数字传感器信号 D_{snc} 的相位的相位调整电路 104s。其他的结构与图 1 所示的物理量传感器系统 11 相同。相位调整电路 104s 使数字传感器信号 D_{snc} 延迟从而作为延迟数字传感器信号 DD_{snc} 输出。例如,相位调整电路 104s 包括移位寄存器,该移位寄存器与采样时钟 CK_{sp} 同步地使数字传感器信号 D_{snc} 延迟。此外,相位调整电路 104s 也可以是与图 6 所示的相位调整电路 104 相同的结构。检波电路 105 使延迟数字传感器信号 DD_{snc} 与数字监视信号 D_{mnt} 相乘。这样,通过调整数字传感器信号 D_{snc} 的相位,能够调整数字传感器信号 D_{snc} 与数字监

视信号 Dmnt 的相位差。

[0111] 相位调整电路的变形例 3

[0112] 图 20 所示的物理量传感器系统 11c,除了图 1 所示的物理量传感器系统 11 的结构以外,还具备相位调整电路 104s、提取滤波器 500m、500s。时钟生成电路 101 生成采样时钟 CKsp 和频率比采样时钟 CKsp 低的动作时钟 CKd。例如,时钟生成电路 101 除了图 3 所示的结构以外,还包括对采样时钟 CKsp 进行分频从而作为动作时钟 CKd 输出的分频电路。提取滤波器 500m、500s 分别针对数字监视信号 Dmnt、延迟数字传感器信号 DDsnc 实施提取处理(数字值的间隔剔除等),由此使数字监视信号 Dmnt、延迟数字传感器信号 DDsnc 对应于动作时钟 CKd。

[0113] 相位调整电路 104 与频率比采样时钟 CKsp 低的动作时钟 CKd 同步地,使经由提取滤波器 500m 提供的数字监视信号 Dmnt 延迟。因此,相位调整电路 104 的相位调整精度,低于相位调整电路 104s 的相位调整精度。这样,使相位调整精度各不相同的相位调整电路 104、104s 分担相位调整处理,由此能够降低相位调整处理所需的电路规模和耗电。此外,也可以将图 20 所示的相位调整电路 104 置换为图 17、图 18 所示的相位调整电路 104a。

[0114] 时钟生成电路的变形例

[0115] 再有,物理量传感器系统 11、21、31 可以代替时钟生成电路 101 具备图 21、图 22、图 23、图 24 所示的时钟生成电路 101b、101c、101d、101e。

[0116] 时钟生成电路的变形例 1

[0117] 图 21 所示的时钟生成电路 101b 包括:波形整形电路 111、倍频电路 112、分频电路 600、移位寄存器 601、选择器 602。分频电路 600 对来自倍频电路 112 的控制时钟 CKc 进行分频,从而作为采样时钟 CKsp 进行输出。移位寄存器 601 与控制时钟 CKc 同步地顺序使采样时钟 CKsp 移位,由此分别生成相位不同的 n 个(n 为 2 以上的整数)延迟时钟 CK(1)、CK(2)、...、CK(n)。选择器 602 按照外部控制 CTRL 从 CK(1)、CK(2)、...、CK(n) 中选择采样时钟 CKsp1、CKsp2。例如,采样时钟 CKsp1 提供给模拟·数字变换器 102m,采样时钟 CKsp2 提供给模拟·数字变换器 102s。时钟生成电路 101b 中,能够以控制时钟 CKc 的周期为单位调整采样时钟 CKsp1、CKsp2 的相位。

[0118] 时钟生成电路的变形例 2

[0119] 图 22 所示的时钟生成电路 101c 包括:波形整形电路 111、倍频电路 112、计数器 603m、603s、分频电路 604m、604s。计数器 603m 响应基准时钟 CKr 的迁移边沿(例如上升沿),开始控制时钟 CKc 的发生脉冲数的计数,当发生脉冲数达到由外部控制 CTRL 设定的第 1 规定值时生成定时信号 SSS1。计数器 603s 响应脉冲信号 CKr 的迁移边沿开始控制时钟 CKc 的发生脉冲数的计数,当发生脉冲数达到由外部控制 CTRL 设定的第 2 规定值时生成定时信号 SSS2。分频电路 604m、604s 分别响应定时信号 SSS1、SSS2 的迁移边沿开始分频处理,对控制时钟 CKc 分频之后生成采样时钟 CKsp1、CKsp2。时钟生成电路 101c 能够以控制时钟 CKc 的周期为单位调整采样时钟 CKsp1、CKsp2 的相位。此外,计数器 603m、603s 中分别设定的第 1 和第 2 规定值,可以通过外部控制 CTRL 变更,由此能够改变采样时钟 CKsp1、CKsp2 各自的移相量。

[0120] 时钟生成电路的变形例 3

[0121] 图 23 所示的时钟生成电路 101d 包括:波形整形电路 111、PLL605、选择器 606。

PLL605 具有包括 n 个 (n 为 2 以上的整数) 的延迟元件的压电控制振荡器, 该 n 个延迟元件连接成环状。PLL605 对基准时钟 CKr 进行倍频从而分别生成相位各不相同的 n 个延迟时钟 CK(1)、CK(2)、...、CK(n)。将延迟元件各自的延迟时间设为“ t ”时, 延迟时钟 CK(1)、CK(2)、...、CK(n) 的相位逐一错开“ t ”。选择器 606 按照外部控制 CTRL 从延迟时钟 CK(1)、CK(2)、...、CK(n) 之中选择采样时钟 CKsp1、CKsp2。在时钟生成电路 101d 中, 能够以延迟元件的延迟时间“ t ”为单位调整采样时钟 CKsp1、CKsp2 的相位。

[0122] 时钟生成电路的变形例 4

[0123] 图 24 所示的时钟生成电路 101e 包括波形整形电路 111、倍频电路 112、DLL(Delay Lock Loop)607、选择器 608。DLL607 具有包括级联的 n 个延迟元件的电压控制延迟器, 顺序使控制时钟 CKc 延迟从而生成相位各不相同的 n 个延迟时钟 CK(1)、CK(2)、...、CK(n)。将延迟元件的各自的延迟时间设为“ t ”时, 延迟时钟 CK(1)、CK(2)、...、CK(n) 的相位逐个错开“ t ”。选择器 608 按照外部控制 CTRL 从延迟时钟 CK(1)、CK(2)、...、CK(n) 之中选择采样时钟 CKsp1、CKsp2。在时钟生成电路 101e 中, 能够以延迟元件的延迟时间“ t ”为单位调整采样时钟 CKsp1、CKsp2 的相位。

[0124] 如上述, 通过调整采样时钟的相位, 能够减小采样时钟 CKsp1 和监视信号 Smnt 的相位差 (或者使其为 0)。同样, 能够减小采样时钟 CKsp2 与传感器信号 Ssnc 之间的相位差 (或者使其为 0)。由此, 由于能够将监视信号 Smnt 和传感器信号 Ssnc 正确地数字化, 因此能够提高检波精度。

[0125] 此外, 通过调整采样时钟 CKsp1 的相位, 能够使模拟·数字变换器 102m 的采样时钟变化。其结果由于监视信号 Smnt 的采样点移动, 因此能够调整数字监视信号 Dmnt 的相位。同样, 通过调整采样时钟 CKsp2 的相位, 能够调整数字传感器信号 Dsnc 的相位。由此, 由于能够调整数字监视信号 Dmnt 和数字传感器信号 Dsnc 的相位差, 因此能够提高检波精度。

[0126] 再有, 在时钟生成电路 101b、101d、101e 中, 按照外部控制 CTRL 选择器 602、606、608 选择性地输出延迟时钟 CK(1)、CK(2)、...、CK(n), 由此能够改变采样时钟 CKsp1、CKsp2 各自的移相量。此外, 采样时钟 CKsp1、CKsp2 的移相量也可以是固定值。例如, 时钟生成电路 101b、101d、101e 中, 也可以不经由选择器 602、606、608 将延迟时钟 CK(1)、CK(2)、...、CK(n) 的某一个作为采样时钟 CKsp1、CKsp2 进行提供。此外, 在时钟生成电路 101c 中, 在计数器 603m、603s 中分别设定的第 1 和第 2 规定值也可以是固定值。

[0127] 动作时钟

[0128] 在以上各实施方式中, 模拟·数字变换器 102m、102s、212 也可以代替来自时钟生成电路 101 的采样时钟 CKsp, 与外部时钟 (例如从物理量传感器系统的外部提供的时钟) 同步地动作。通过这样构成, 能够在模拟·数字变换器和外部装置 (例如, 处理物理量信号 D106 的数字信号处理电路) 之间使数据同步, 因此, 能够在外部装置中顺畅地处理物理量信号 D106。此外, 不仅是模拟·数字变换器 102m、102s、212, 物理量传感器系统 11、21、31 中具备的各个数字电路 (驱动控制电路、相位调整电路、检测电路、数字滤波器等) 都可以与外部时钟同步地动作。通过这样构成, 能够在各个数字电路与外部装置之间使数据同步。此外, 在向物理量传感器系统 11、21、31 提供外部时钟的情况下, 物理量传感器系统 11、21、31 也可以不具备时钟生成电路 101。此外, 该情况下起动控制电路 300、300a 可以在开始外

部时钟供给时开始输出使能信号 EN2 来起动驱动控制电路 103,在物理量传感器 10 的自激振动处于稳定状态之后开始输出使能信号 EN3 起动检波电路 105。

[0129] 物理量传感器的变形式例

[0130] 此外,在以上的各实施方式中,物理量传感器 10 并不限于音叉型,也可以是圆柱型、正三角柱型、正四角柱型、环形或其他形状。也就是说,物理量传感器 10 只要基于驱动信号 Sdrv 进行自激振动并输出与自激振动相应的监视信号 Smnt,并且输出与外部提供的物理量相应的传感器信号 Ssnc 即可。

[0131] 产业上的利用可能性

[0132] 如上述,由于上述物理量传感器系统中,能够使物理量传感器的检测精度稳定,因此适合于在移动体、便携电话、数码相机、游戏机等中使用的物理量传感器。

[0133] 符号说明:

[0134] 10 物理量传感器

[0135] 11、21、31 物理量传感器系统

[0136] AMPm、AMPs 放大器

[0137] 101、101a、...、101e 时钟生成电路

[0138] 102m、102s、212 模拟·数字变换器

[0139] 103、103a、103b、103c 驱动控制电路

[0140] 104、104a、104s 相位调整电路

[0141] 105 检波电路

[0142] 106 数字滤波器

[0143] 201 模拟·数字变换电路

[0144] 211、213 选择器

[0145] 300、300a 起动控制电路

[0146] SW303 反馈开关

[0147] 304 PLL

[0148] SW304 环路开关

[0149] 111 波形整形电路

[0150] 112 倍频地那路

[0151] 131 振幅检测电路

[0152] 132 增益设定电路

[0153] 133 乘法电路

[0154] 134 相位调整电路

[0155] 135 数字·模拟变换电路

[0156] 400 波形整形电路

[0157] 401 脉冲振幅调制电路

[0158] 402 脉宽调制电路

[0159] 403 模拟滤波器

[0160] 404 $\Delta \Sigma$ 调制电路

[0161] 141 移位寄存器

- [0162] 142 选择器
- [0163] 501 希尔伯特变换器
- [0164] 502 选择器
- [0165] FF(1)、FF(2)、...、FF(n) 触发器 (延迟器)
- [0166] H(1)、H(2)、...、H(2m) 乘法器
- [0167] A(1)、A(2)、...、A(2m-1) 加法器
- [0168] 600 分频电路
- [0169] 601 移位寄存器
- [0170] 602、606、608 选择器
- [0171] 603m、603s 计数器
- [0172] 604m、604s 分频电路
- [0173] 605 PLL
- [0174] 607 DLL

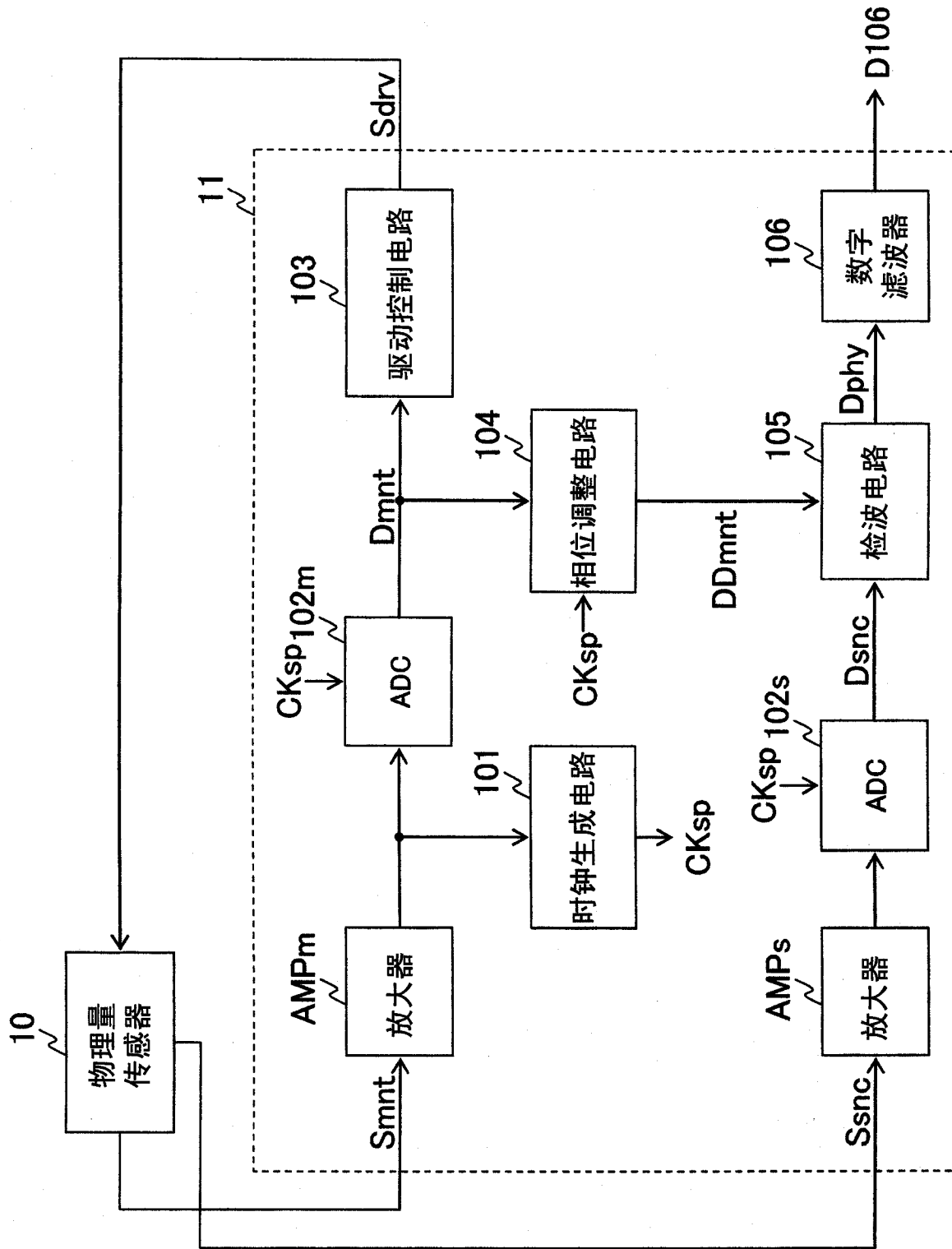


图 1

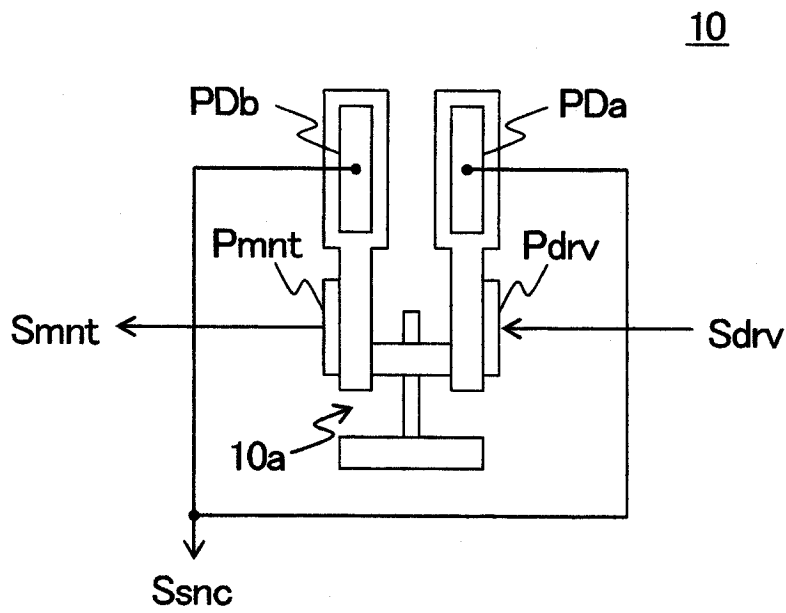


图 2

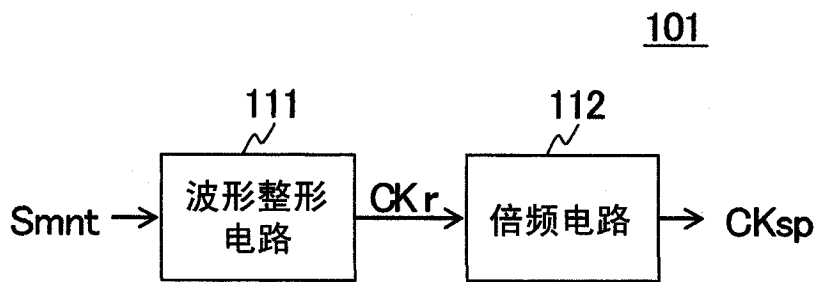


图 3

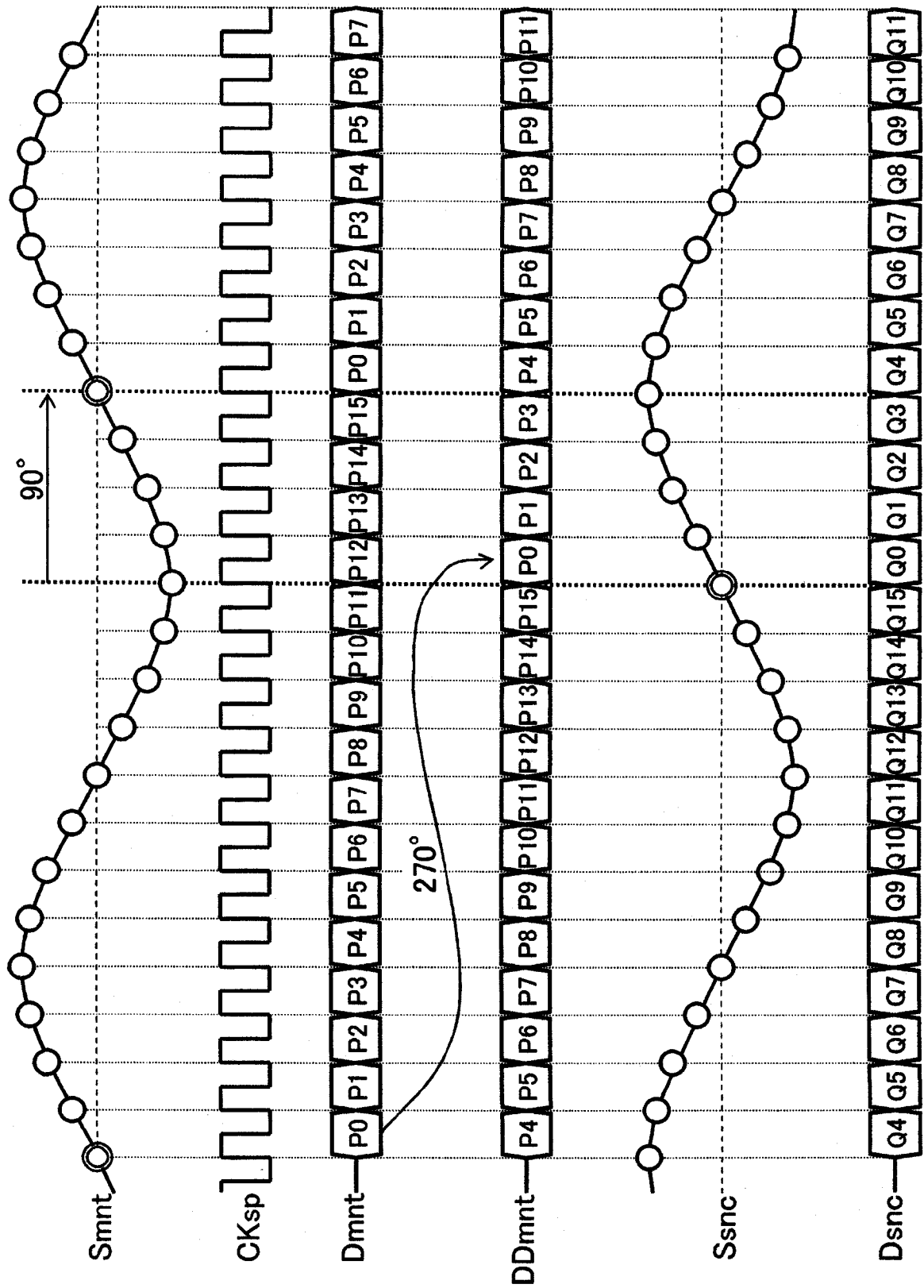


图 4

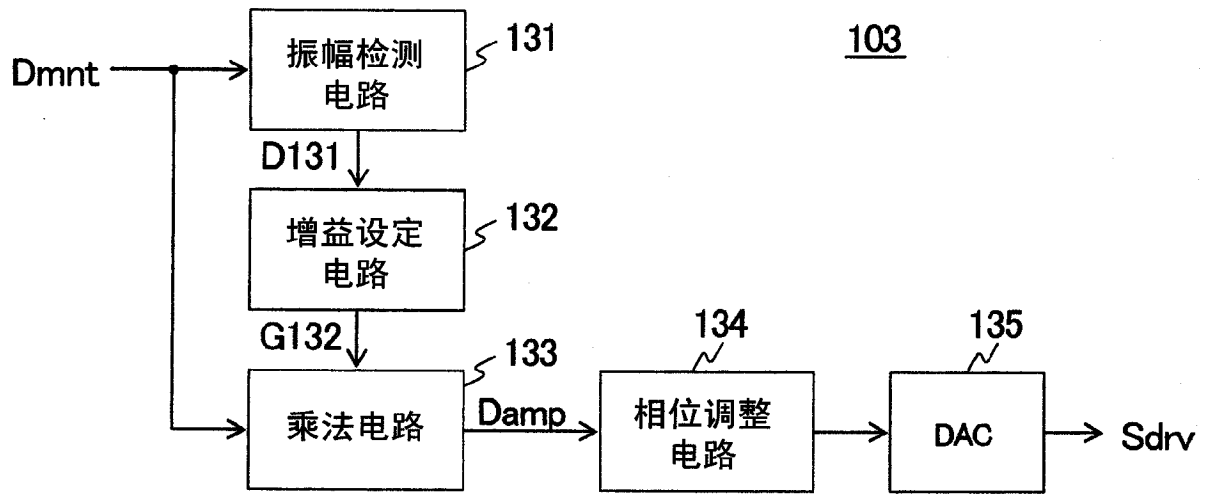


图 5

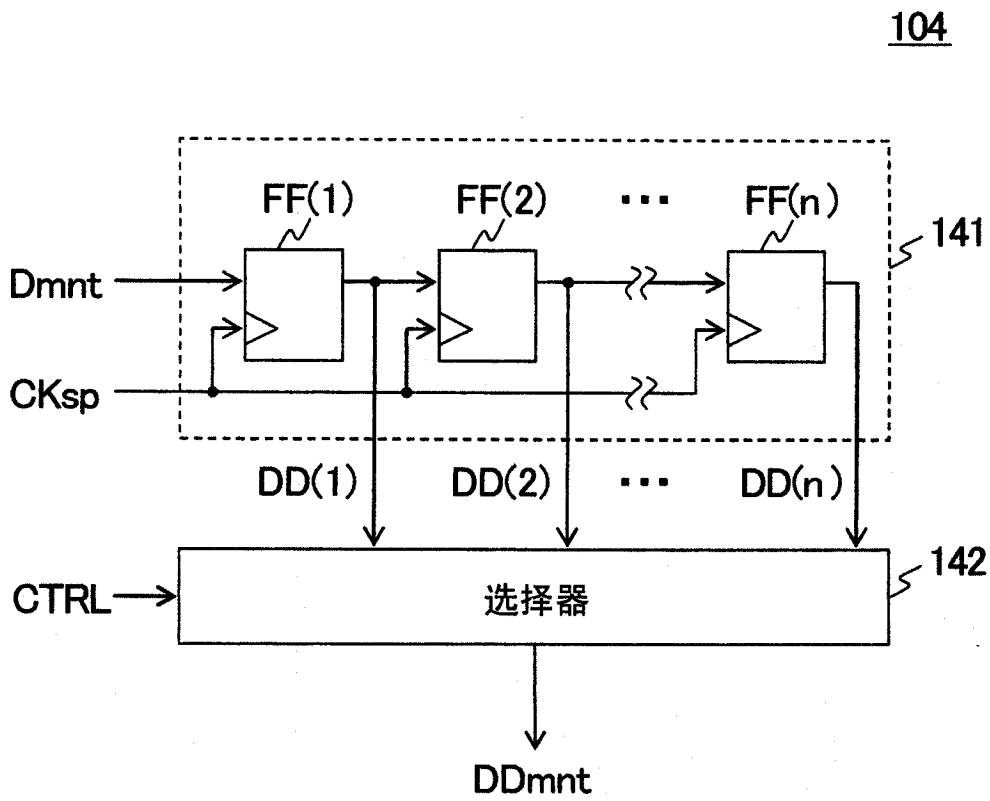


图 6

21

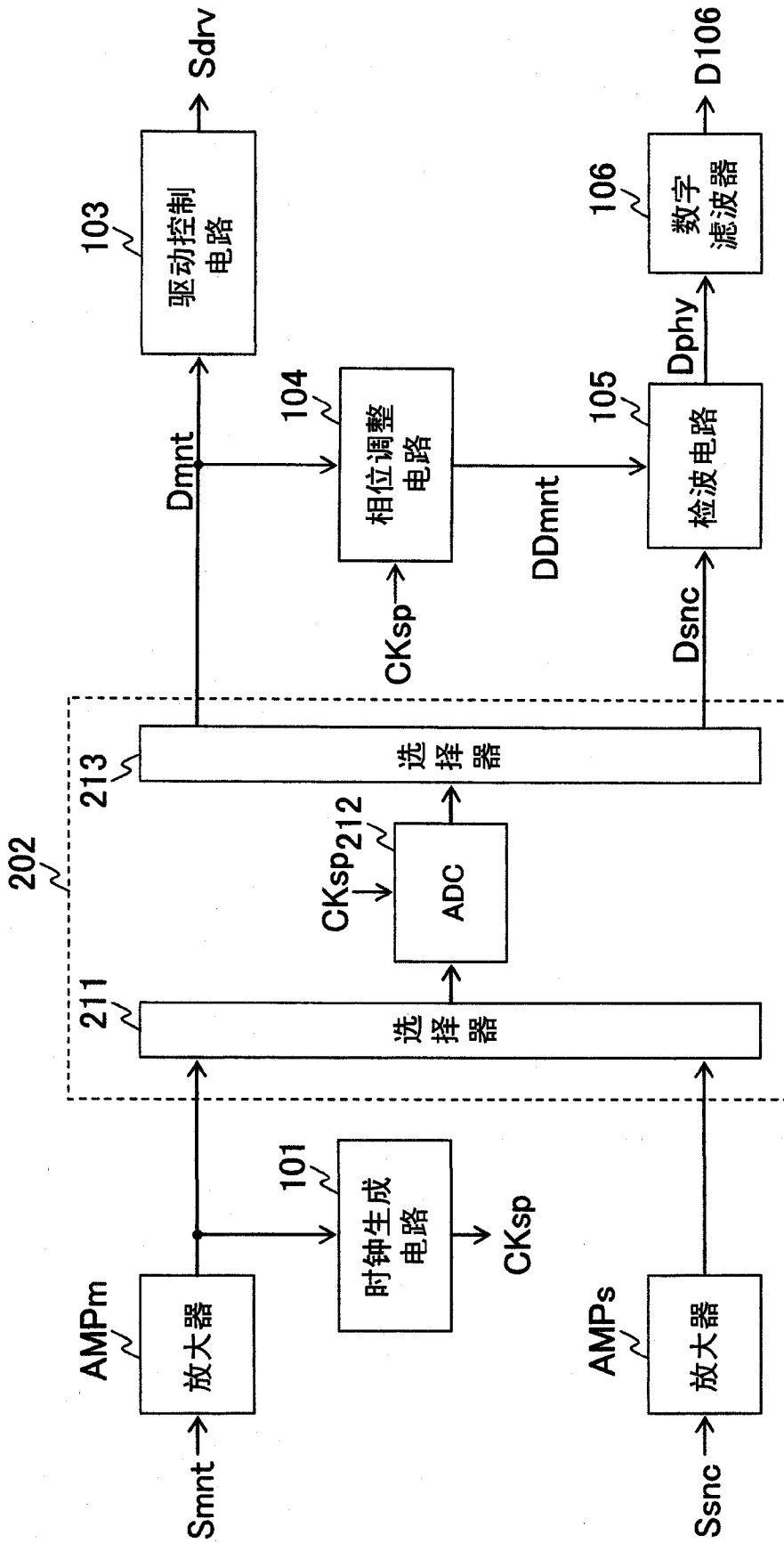


图 7

31

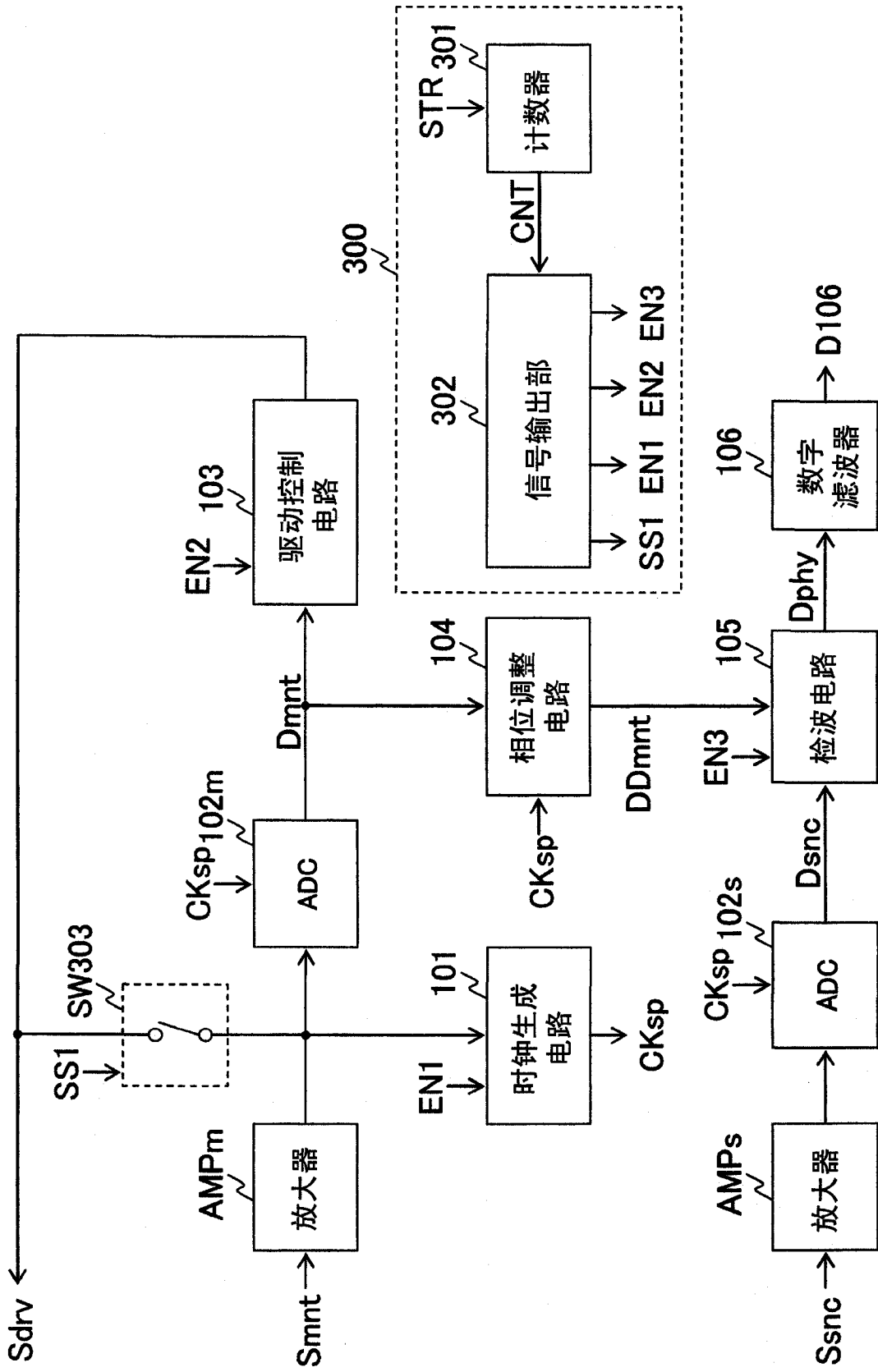


图 8

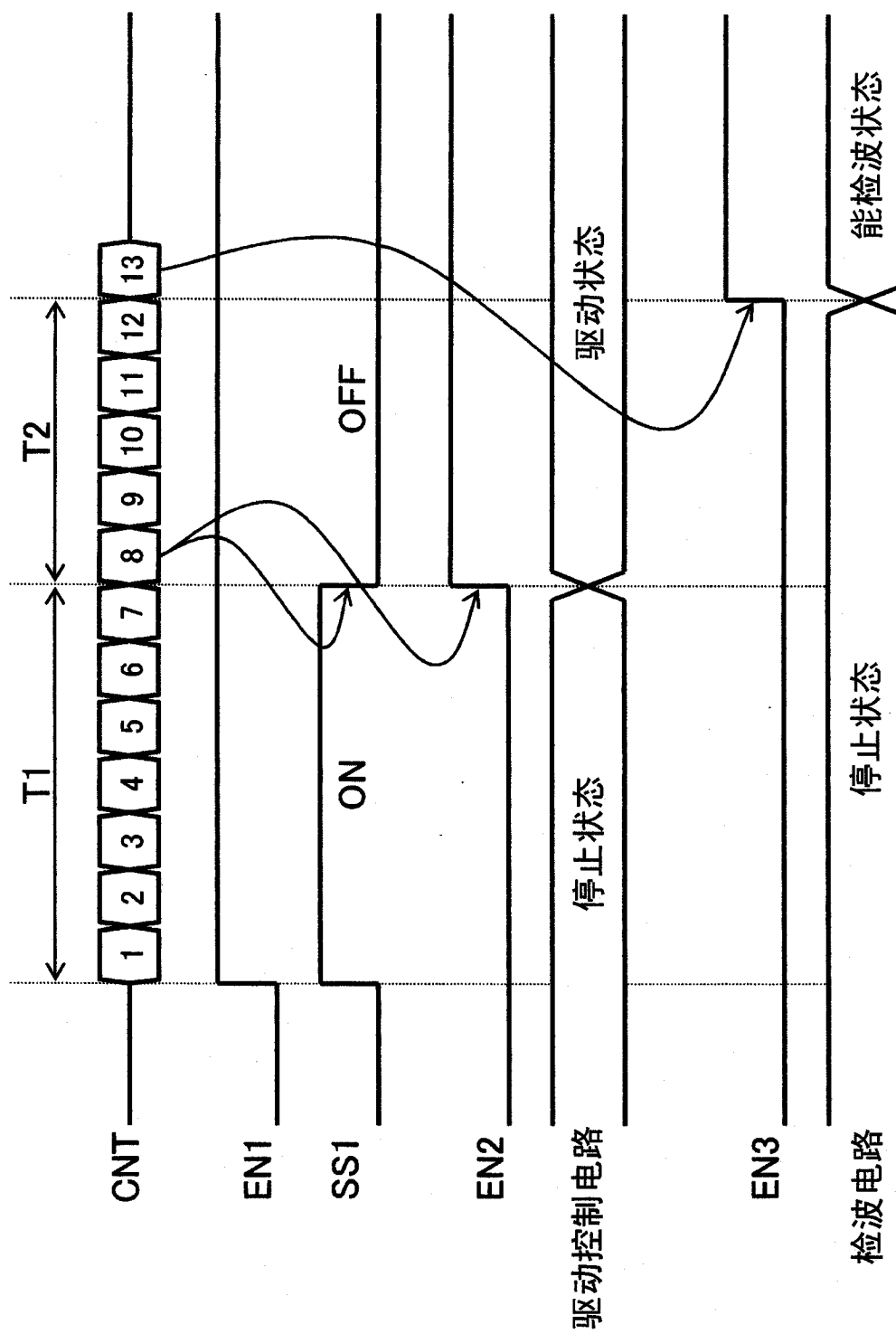


图 9

101a

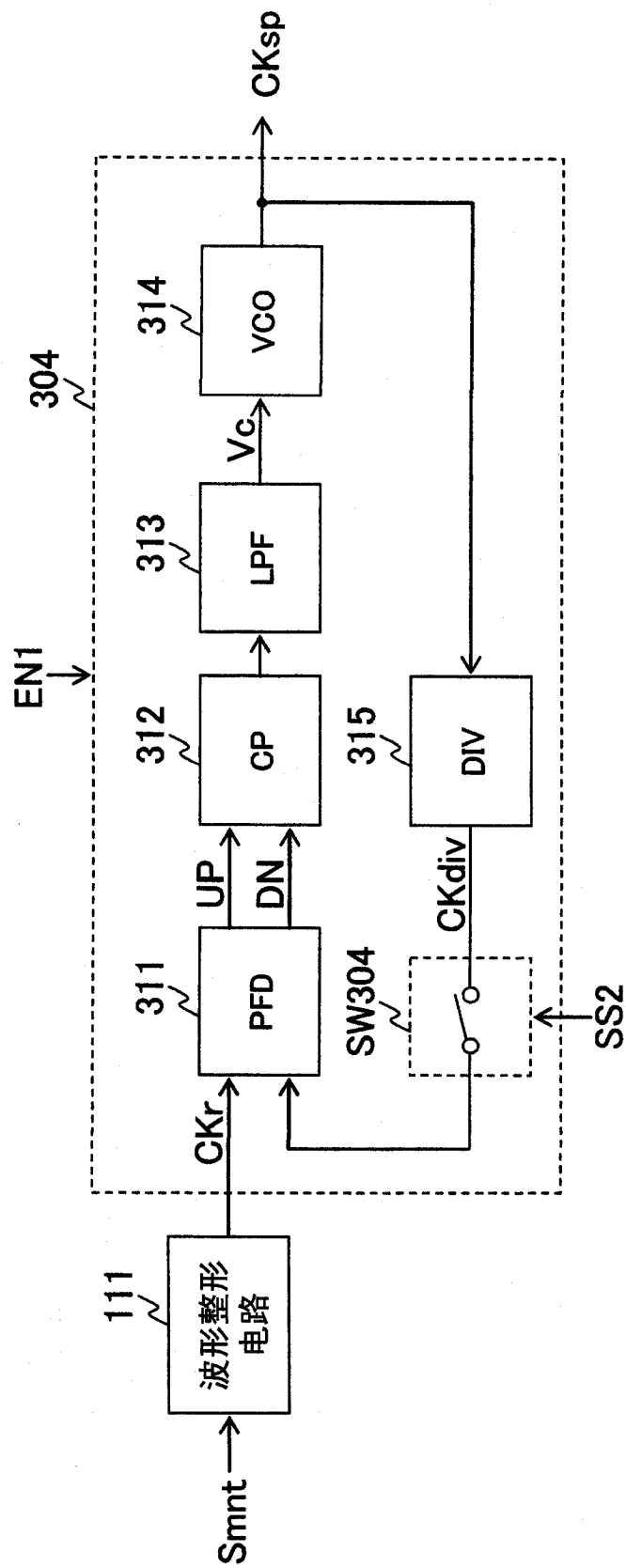


图 10

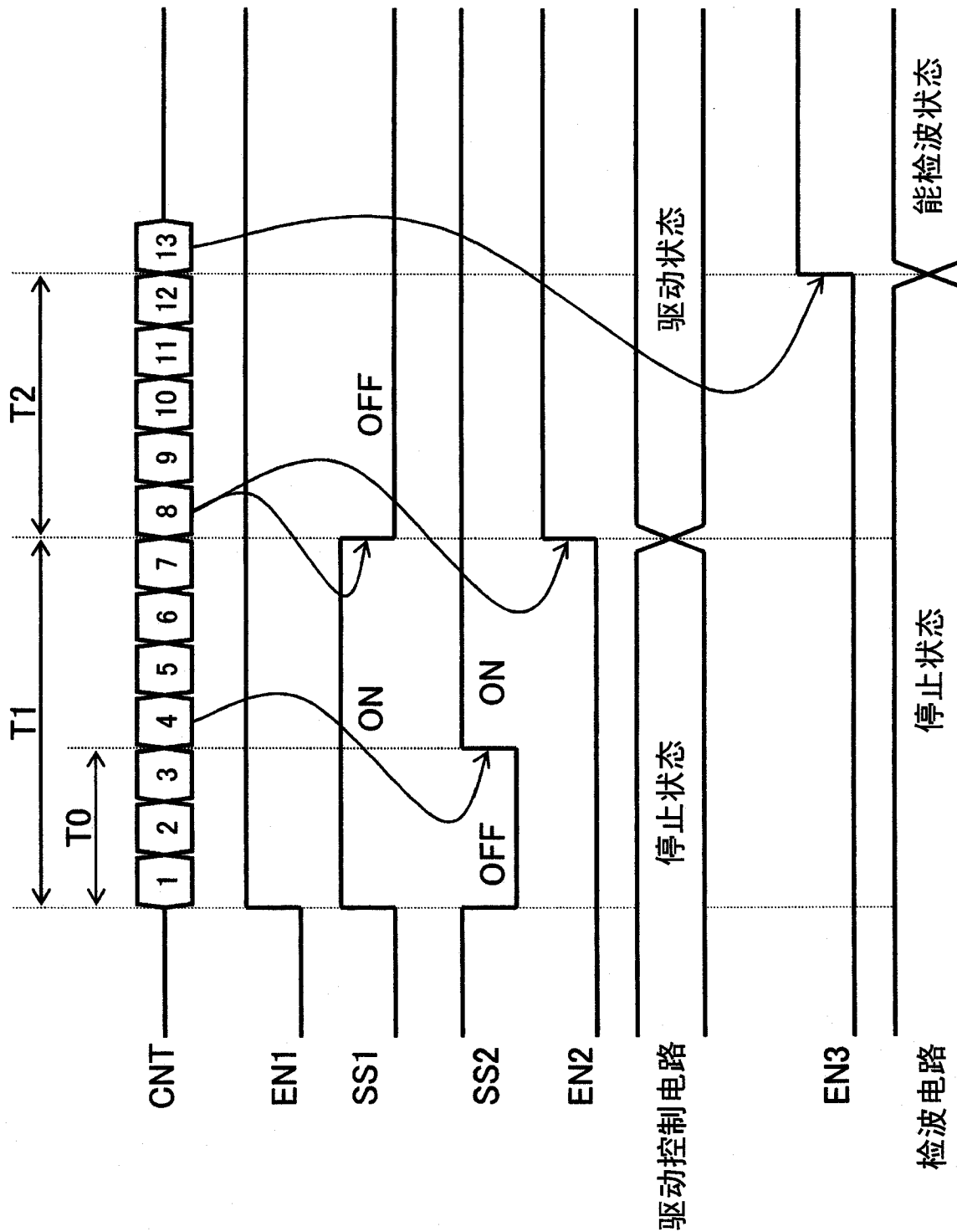


图 11

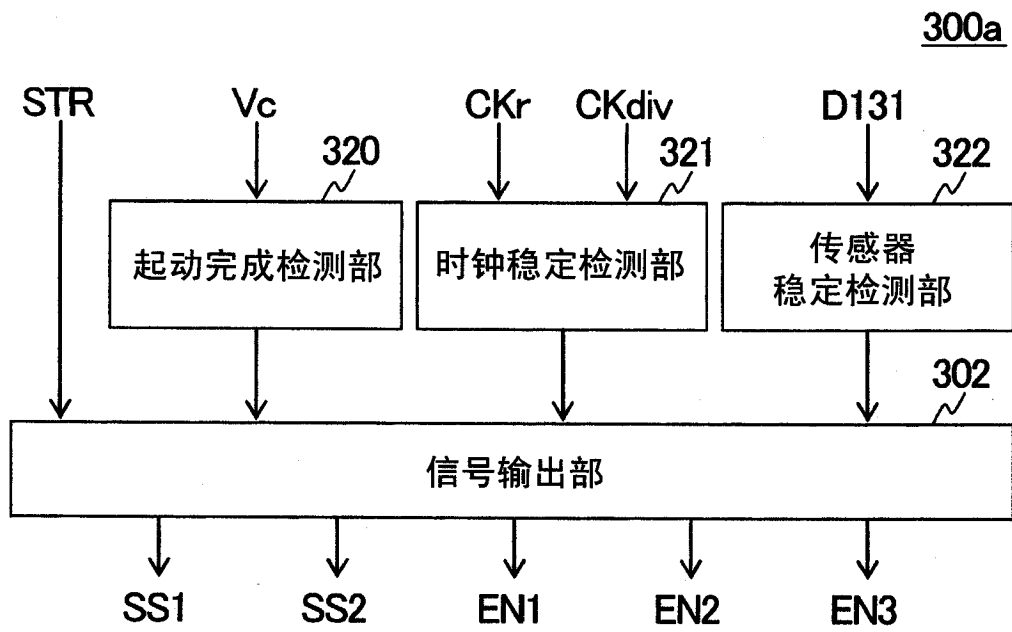


图 12

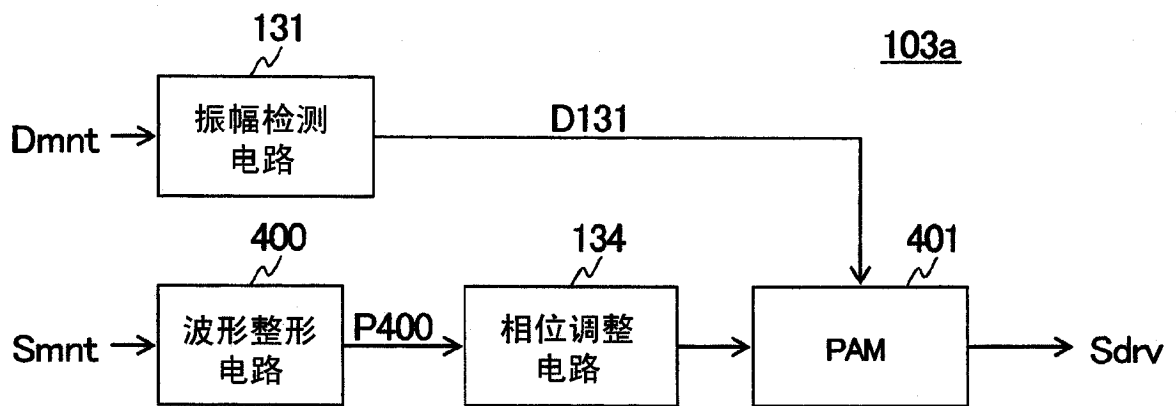


图 13

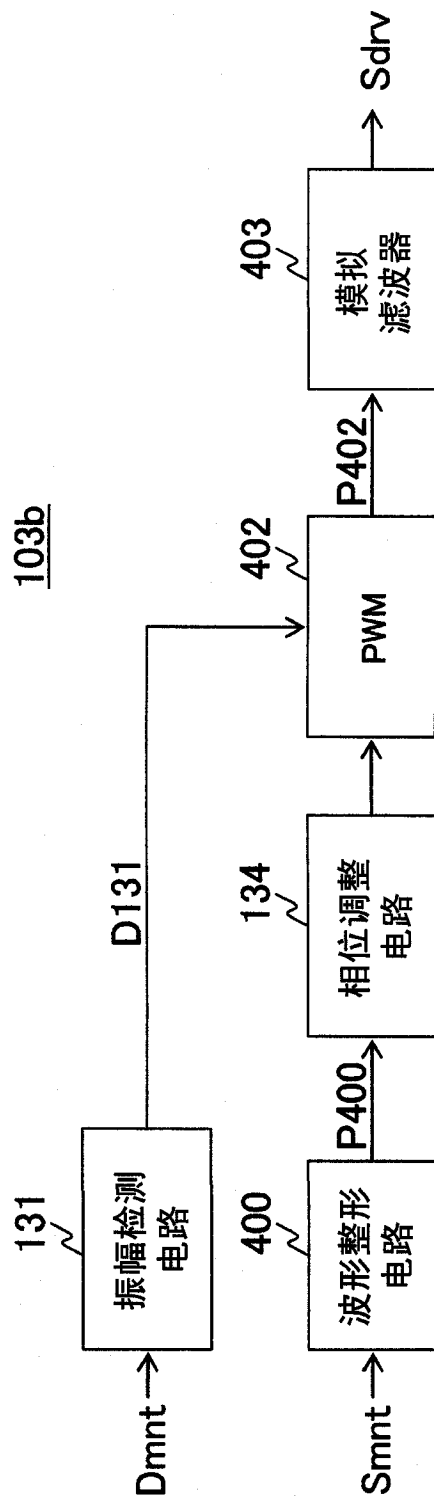


图 14

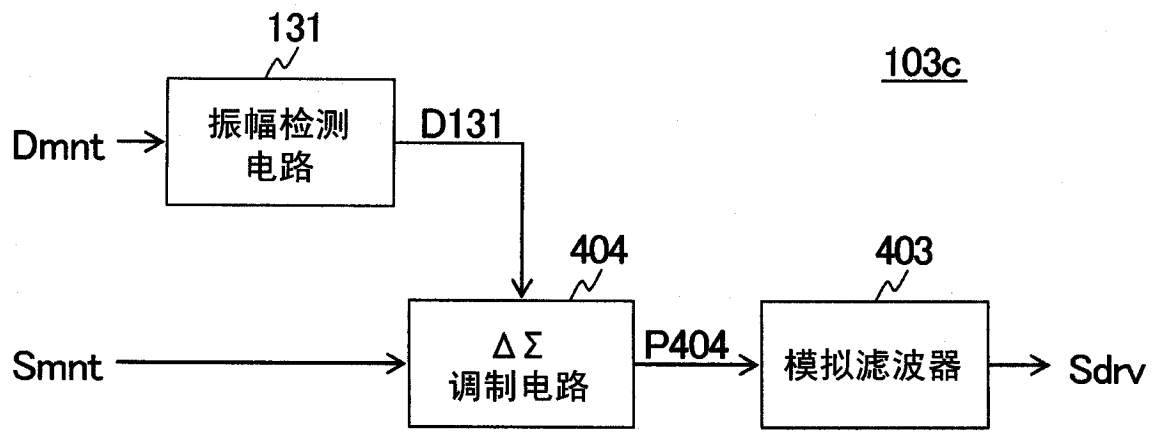


图 15

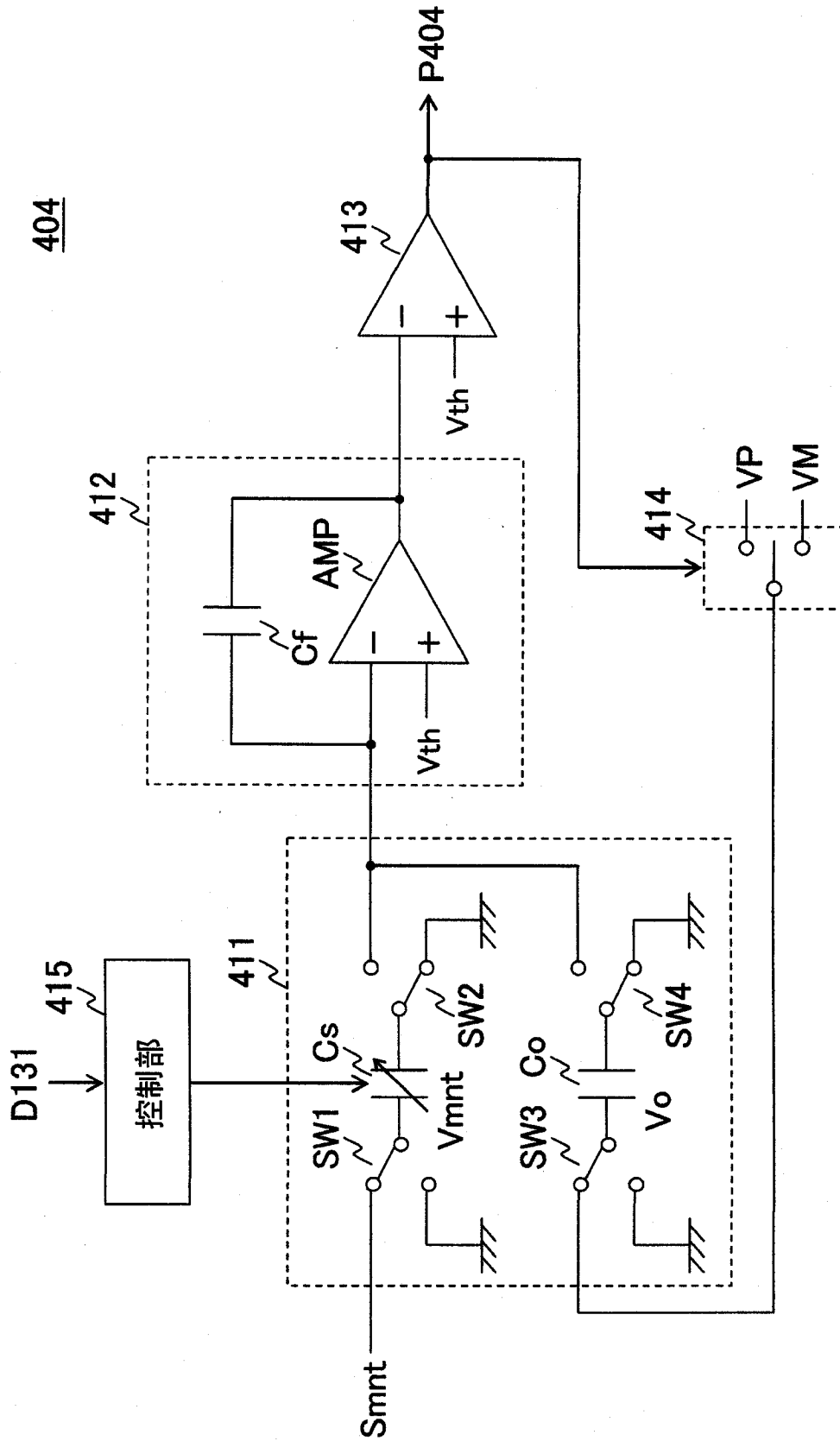


图 16

11a

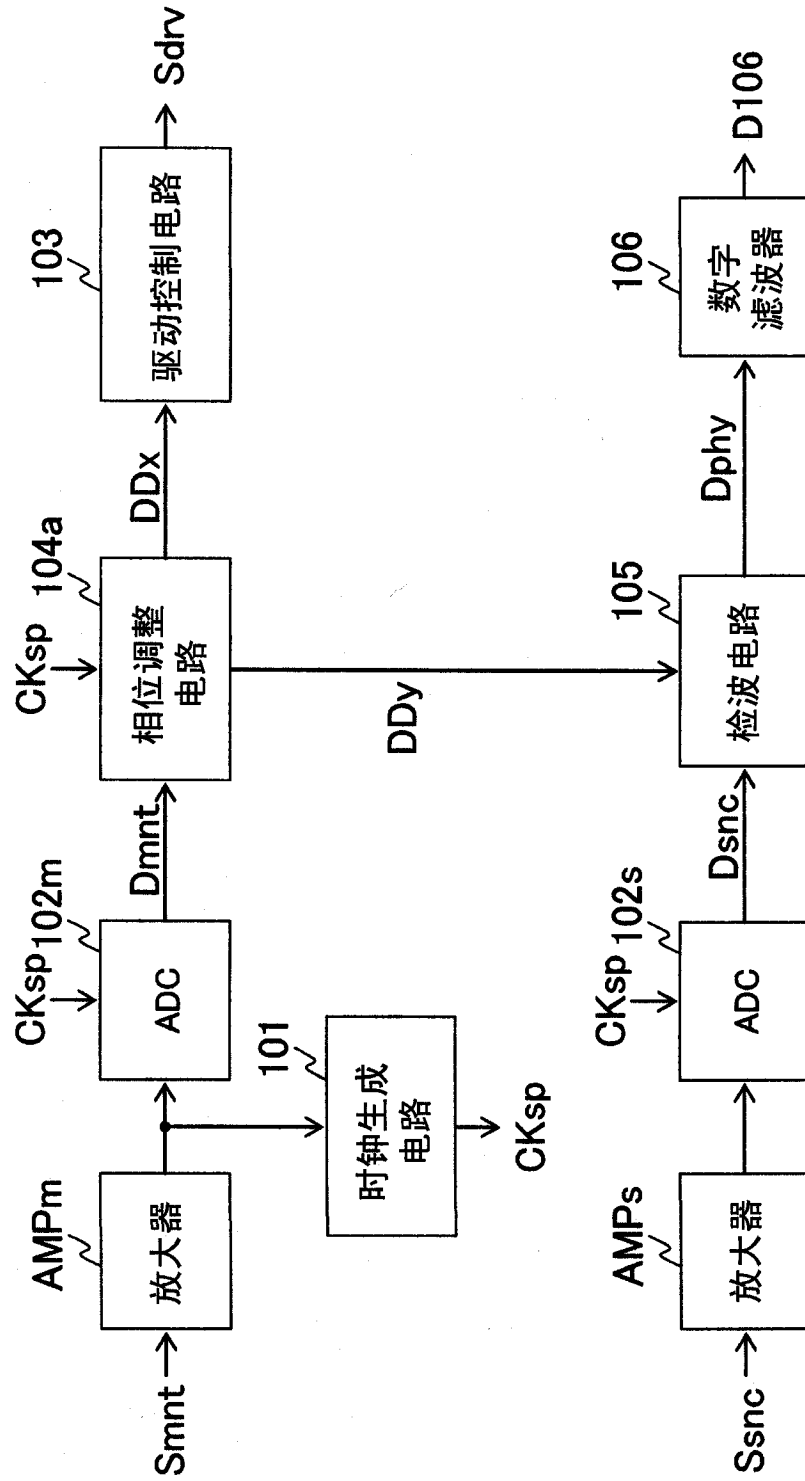


图 17

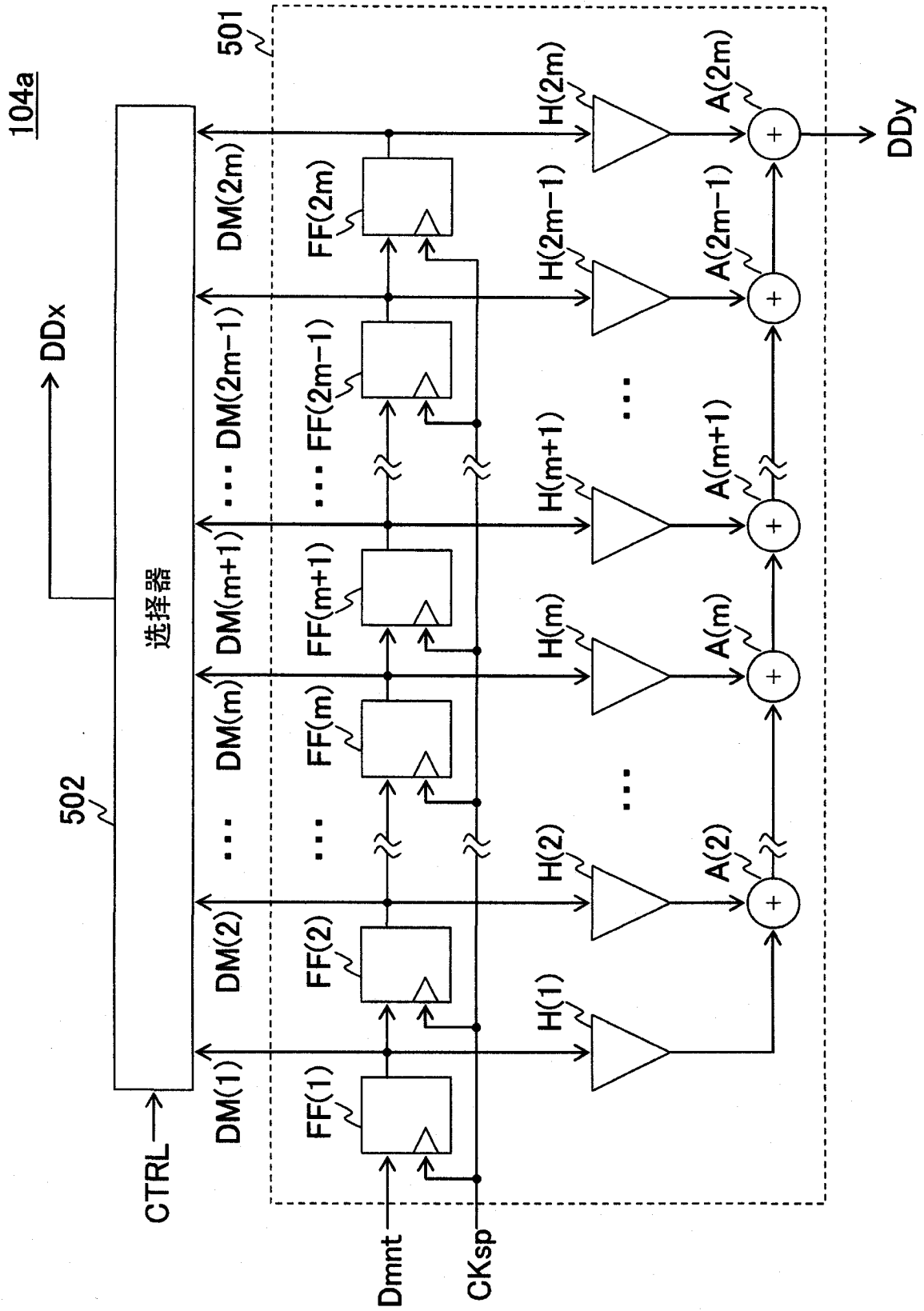


图 18

11b

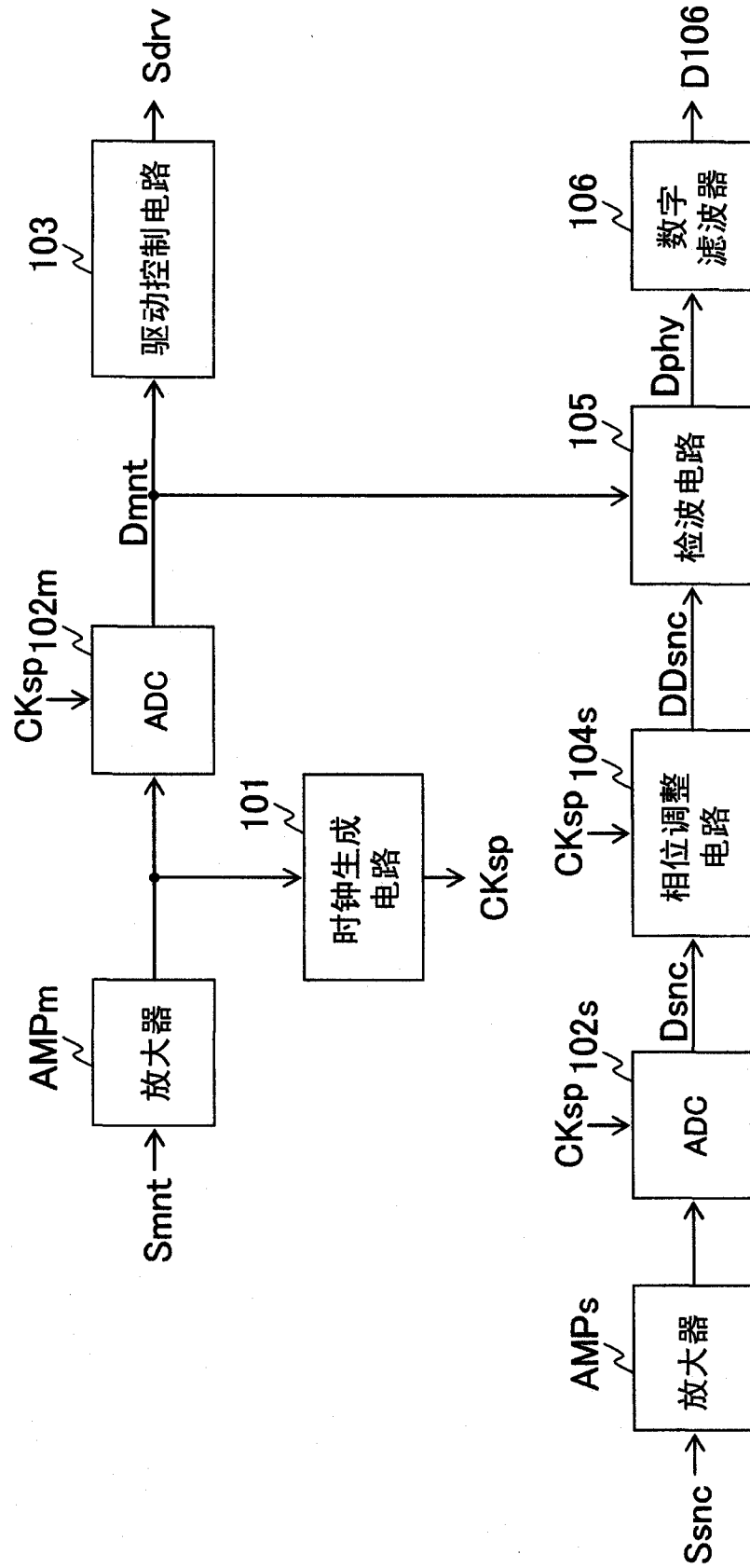


图 19

11c

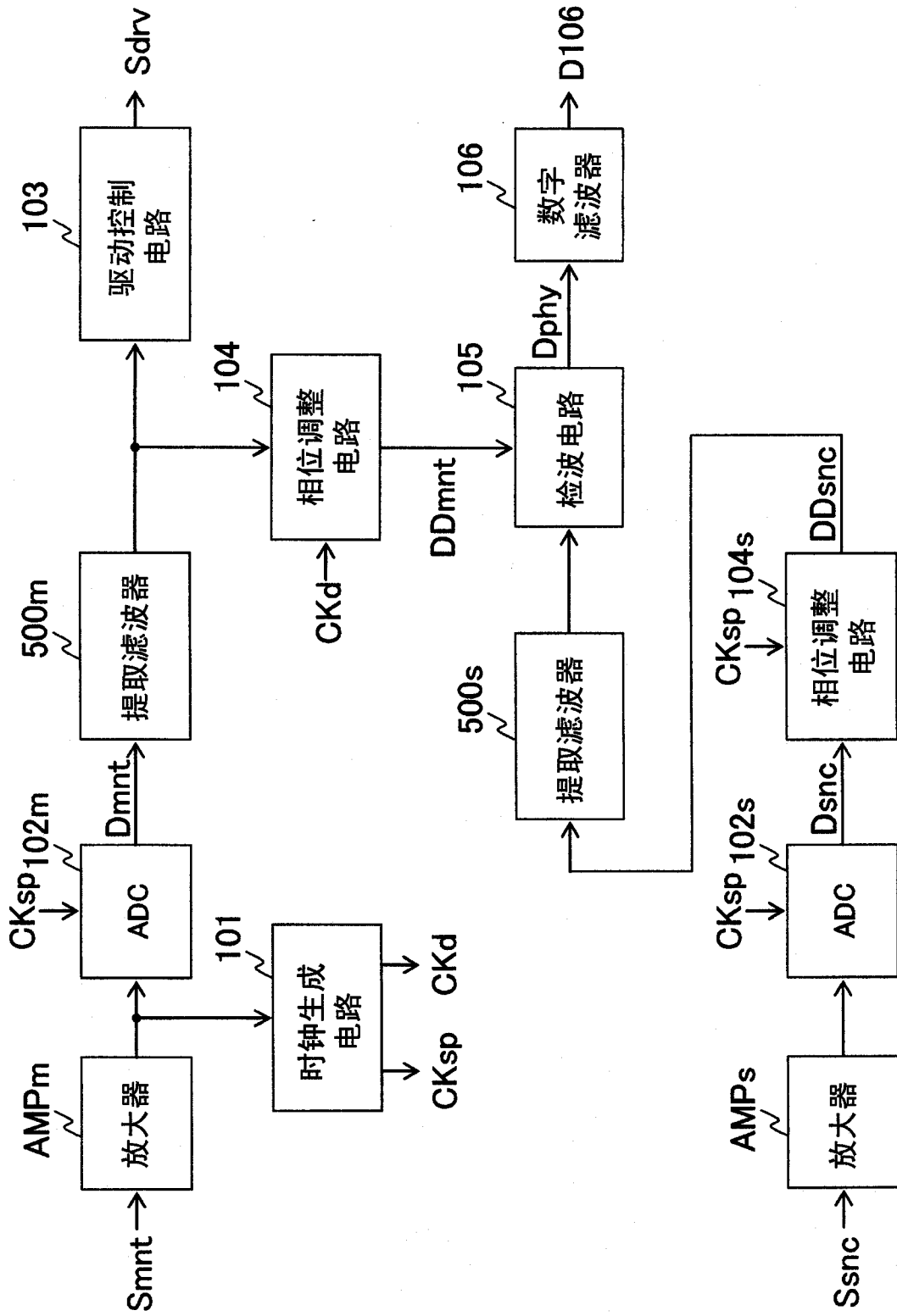


图 20

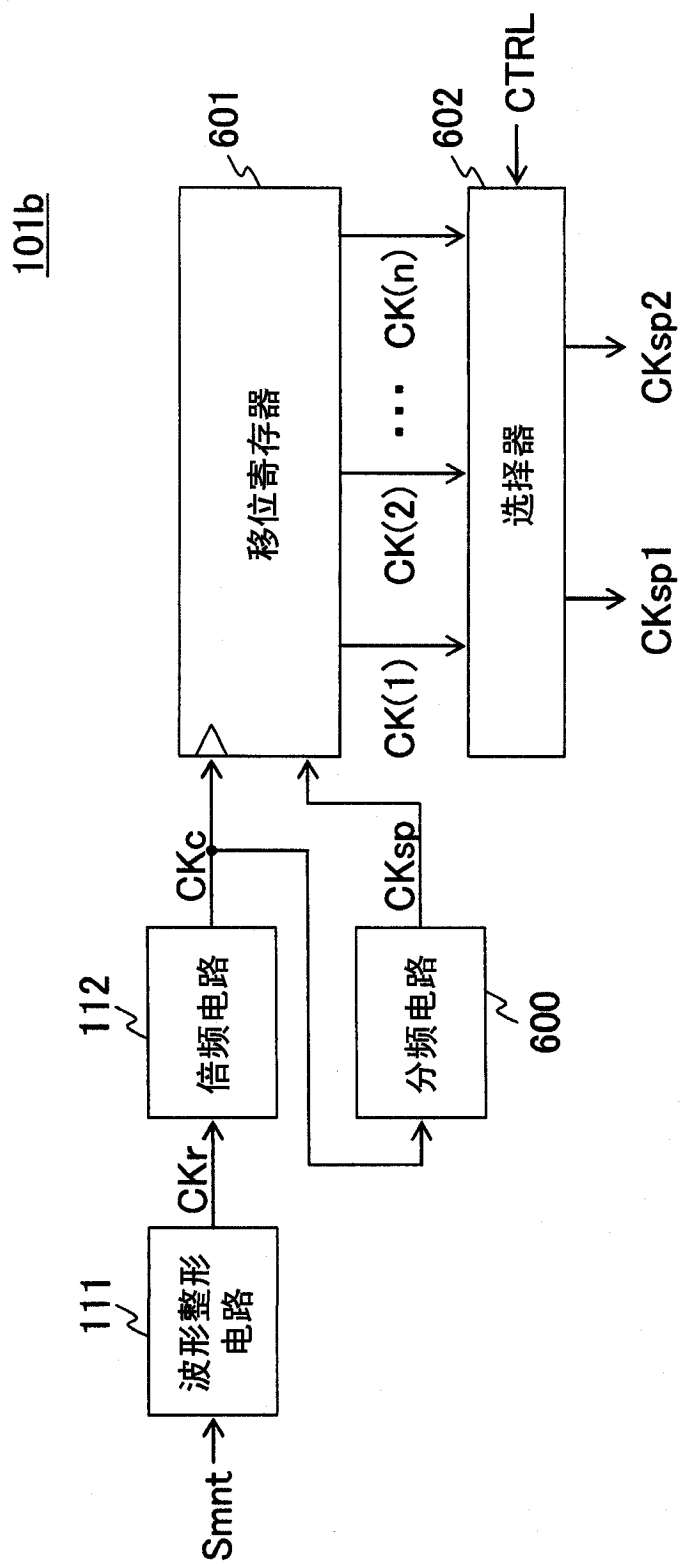


图 21

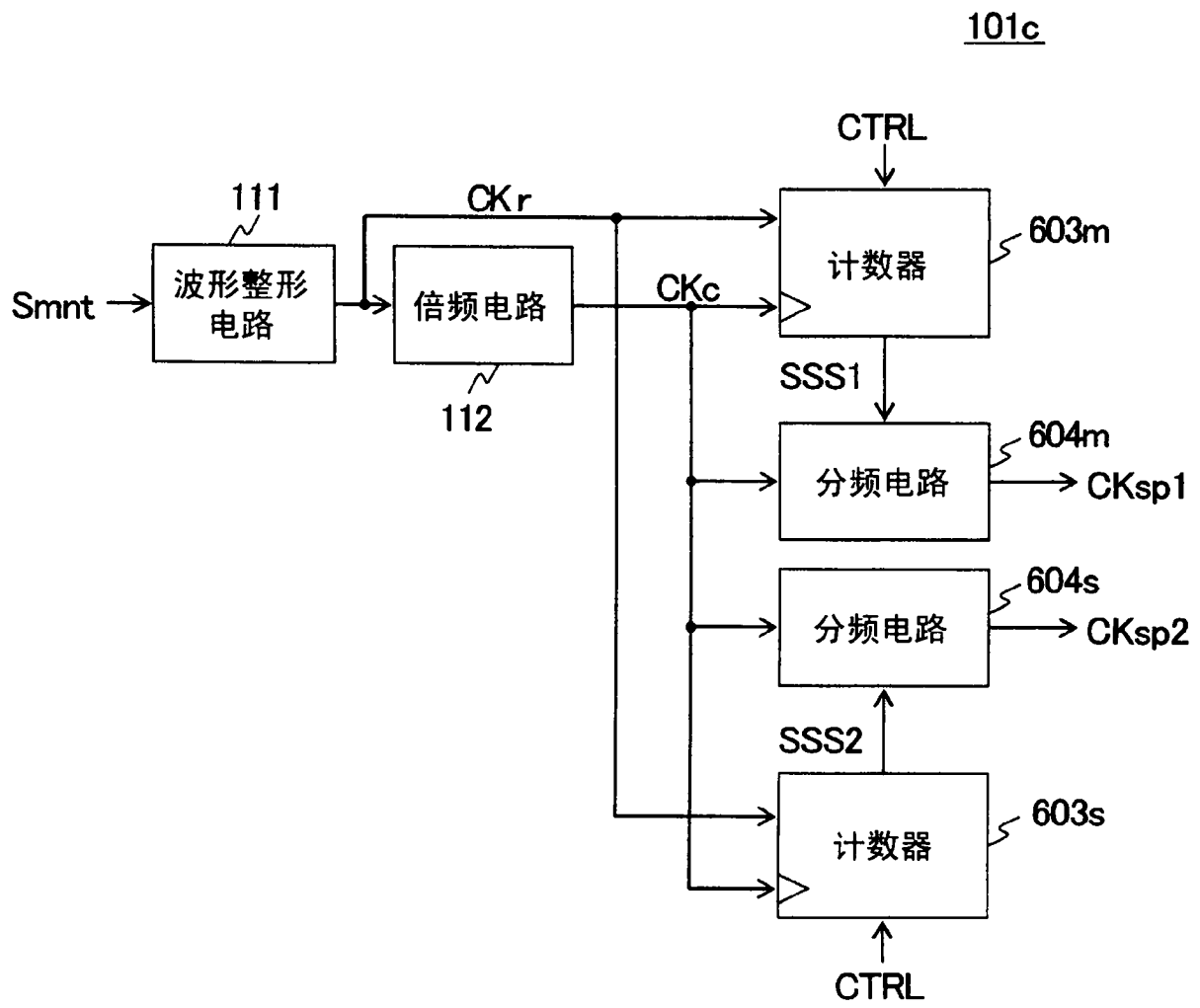


图 22

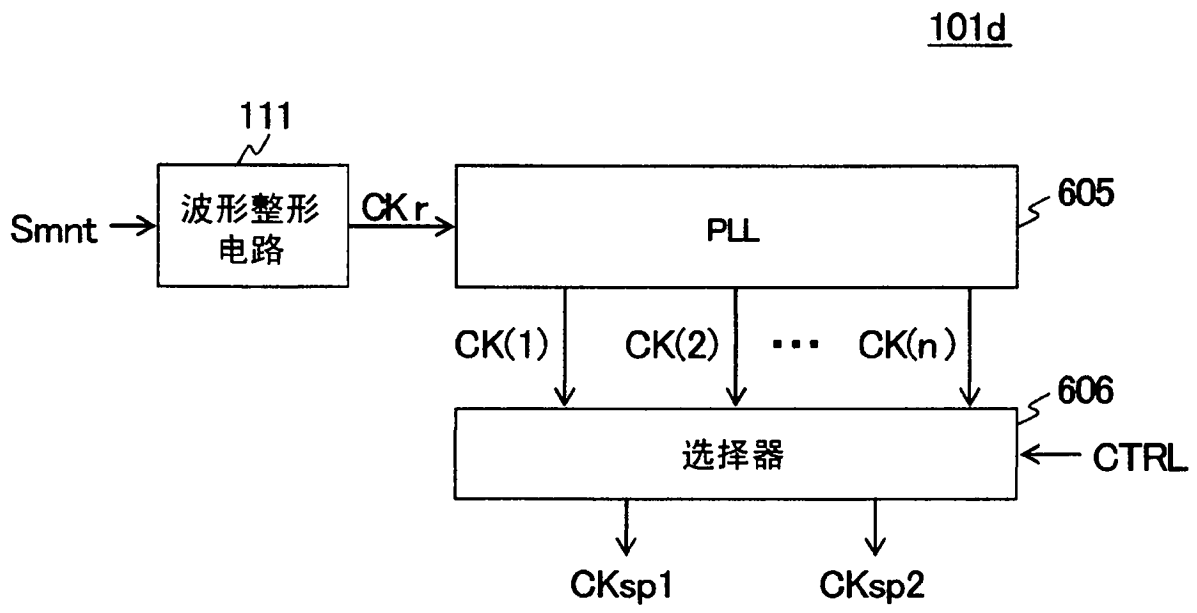


图 23

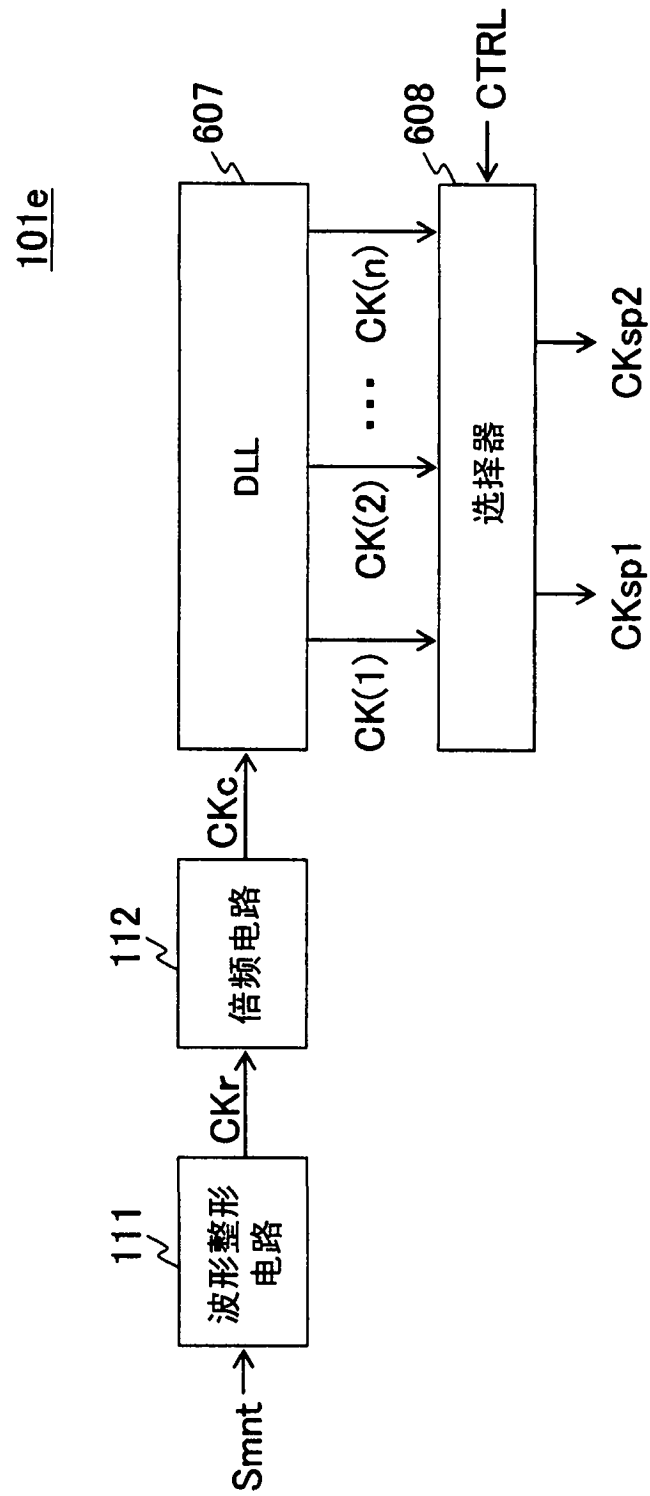


图 24