



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115133885 A

(43) 申请公布日 2022.09.30

(21) 申请号 202210298093.5

G01D 5/20 (2006.01)

(22) 申请日 2022.03.24

## (30) 优先权数据

2021-050176 2021.03.24 JP

(71) 申请人 株式会社三丰

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 平田州 田原智弘 河合章生  
麦仓俊

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

专利代理人 陈金林

## (51) Int.Cl.

H03F 1/30 (2006.01)

H03F 3/45 (2006.01)

H03M 1/06 (2006.01)

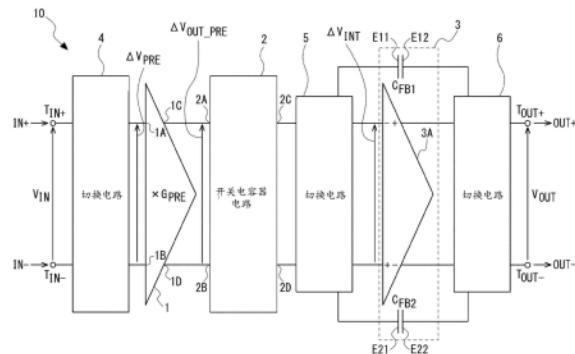
权利要求书3页 说明书13页 附图9页

## (54) 发明名称

前端电路和编码器

## (57) 摘要

前置放大器放大输入到第一和第二输入端子的信号。第一切换电路接收第一和第二输入信号，并将这些信号分别输出到第一和第二输入端子。开关电容器电路对由前置放大器放大的两个信号进行采样。积分电路，包括：全差分运算放大器以及第一和第二积分电容器，全差分运算放大器输出通过放大在第三和第四输入端子之间输入的差分信号而获得的信号，作为第二和第一输出端子之间的差分信号。第二切换电路切换开关电容器电路与第一和第二积分电容器之间的连接关系。第三切换电路切换第一和第二积分电容器与第三和第四输出端子之间的连接关系。包括采样和信号积分的循环被执行两次，并且每当循环改变时，第一切换电路至第三切换电路切换连接关系。



1.一种前端电路,包括:

前置放大器,被配置为放大输入到第一输入端子和第二输入端子的信号;

第一切换电路,被配置为接收第一输入信号和第二输入信号,并且被配置为交替地和分别地将第一输入信号和第二输入信号输出到第一输入端子和第二输入端子;

开关电容器电路,被配置为对由前置放大器放大的两个信号进行采样;

积分电路,包括全差分运算放大器和第一积分电容器和第二积分电容器,全差分运算放大器输出通过放大在第三输入端子和第四输入端子之间输入的差分信号而获得的信号,作为第二输出端子和第一输出端子之间的差分信号;

第二切换电路,被配置为能够切换开关电容器电路与第一积分电容器的一端和第二积分电容器的一端之间的连接关系;和

第三切换电路,被配置为能够切换第一积分电容器的另一端和第二积分电容器的另一端以及第三输出端子和第四输出端子之间的连接关系,其中

执行双相关采样,其中包括由开关电容器电路进行的采样和由积分电路进行的信号积分的循环被执行两次,以及

每当循环改变时,第一切换电路分别在第一输入端子和第二输入端子之间切换第一输入信号和第二输入信号的输出目的地,第二切换电路分别在第一积分电容器和第二积分电容器之间切换由开关电容器电路采样的两个信号的输出目的地,并且第三切换电路分别在第三输出端子和第四输出端子之间切换第一积分电容器和第二积分电容器的连接目的地。

2.根据权利要求1所述的前端电路,其中,

在作为两个循环之一的第一循环中,第一切换电路分别向前置放大器的第一输入端子和第二输入端子输出第一输入信号和第二输入信号,第二切换电路分别向第一积分电容器和第二积分电容器输出通过对由前置放大器放大第一输入信号和第二输入信号而获得的信号进行采样而获得的两个信号,并且第三切换电路分别将第一积分电容器和第二积分电容器连接到第三输出端子和第四输出端子,

在作为两个循环中的另一个的第二循环中,第一切换电路分别将第一输入信号和第二输入信号输出到前置放大器的第二输入端子和第一输入端子,第二切换电路分别将通过对由前置放大器放大第二输入信号和第一输入信号而获得的信号进行采样而获得的两个信号输出到第一积分电容器和第二积分电容器,第三切换电路分别将第一积分电容器和第二积分电容器连接到第四输出端子和第三输出端子。

3.根据权利要求2所述的前端电路,其中,

第一切换电路包括:

第一开关,第一输入信号输入到其一端,而其另一端连接到第一输入端子;

第二开关,第一输入信号输入到其一端,而其另一端连接到第二输入端子;

第三开关,第二输入信号输入到其一端,而其另一端连接到第二输入端子;和

第四开关,第二输入信号输入到其一端,而其另一端连接到第一输入端子,

开关电容器电路包括:

第五输出端子,输出由开关电容器电路采样的两个信号之一;和

第六输出端子,输出由开关电容器电路采样的两个信号中的另一个,第二切换电路包括:

第五开关,连接在第五输出端子和第一积分电容器之间;

第六开关,连接在第六输出端子和第一积分电容器之间;

第七开关,连接在第六输出端子和第二积分电容器之间;和

第八开关,连接在第五输出端子和第二积分电容器之间,

第三切换电路包括:

第九开关,插入在第一积分电容器和第三输出端子之间;

第十开关,插入在第一积分电容器和第四输出端子之间;

第十一开关,插入在第二积分电容器和第四输出端子之间;和

第十二开关,插入在第二积分电容器和第三输出端子之间,以及第一开关、第三开关、第五开关、第七开关、第九开关和第十一开关,以及第二开关、第四开关、第六开关、第八开关、第十开关和第十二开关在循环改变时互补地导通和断开。

4. 根据权利要求3所述的前端电路,其中,

在第一循环中,第一开关、第三开关、第五开关、第七开关、第九开关和第十一开关导通,并且第二开关、第四开关、第六开关、第八开关、第十开关和第十二开关断开,

在两个循环中的另一个循环中,第一开关、第三开关、第五开关、第七开关、第九开关和第十一开关断开,并且第二开关、第四开关、第六开关、第八开关、第十开关和第十二开关导通。

5. 根据权利要求3或4所述的前端电路,其中

前置放大器将通过放大输入到第一输入端子和第二输入端子的信号而获得的信号分别从第七输出端子和第八输出端子输出,

通过对从第七输出端子输出的信号进行采样而获得的信号从第五输出端子输出,并且通过对从第八输出端子输出的信号进行采样而获得的信号从第六输出端子输出。

6. 一种编码器,包括:

标度,其中设置有标度轨道;

检测头,被配置为输出指示标度的检测结果的两相或更多相的信号;和

信号处理装置,包括前端电路,前端电路被配置为接收与两相或更多相的信号中的两相相对应的信号,其中

前端电路包括:

前置放大器,被配置为放大输入到第一输入端子和第二输入端子的信号;

第一切换电路,被配置为接收第一输入信号和第二输入信号,并且交替地和分别地将第一输入信号和第二输入信号输出到第一输入端子和第二输入端子;

开关电容器电路,被配置为对由前置放大器放大的两个信号进行采样;

积分电路,包括全差分运算放大器和第一积分电容器和第二积分电容器,全差分运算放大器输出通过放大在第三输入端子和第四输入端子之间输入的差分信号而获得的信号,作为第二输出端子和第一输出端子之间的差分信号;

第二切换电路,被配置为能够切换开关电容器电路与第一积分电容器的一端和第二积分电容器的一端之间的连接关系;和

第三切换电路,被配置为能够切换第一积分电容器的另一端和第二积分电容器的另一端与第三输出端子和第四输出端子之间的连接关系,其中

执行双相关采样,其中包括由开关电容器电路进行的采样和由积分电路进行的信号积分的循环被执行两次,以及

每当循环改变时,第一切换电路分别在第一输入端子和第二输入端子之间切换第一输入信号和第二输入信号的输出目的地,第二切换电路分别在第一积分电容器和第二积分电容器之间切换由开关电容器电路采样的两个信号的输出目的地,并且第三切换电路分别在第三输出端子和第四输出端子之间切换第一积分电容器和第二积分电容器的连接目的地。

## 前端电路和编码器

### 技术领域

[0001] 本公开涉及前端电路和编码器。

### 背景技术

[0002] 编码器用于诸如机床的具有驱动部件的各种设备中的位置检测(日本未审查专利申请公开第2005-62123号、第2005-77137号和第2016-161441号)。编码器是连接到机床或三维测量机的驱动轴或旋转轴的位移测量装置，并且通常包括用于检测线性位移的线性编码器和用于检测旋转角度的旋转编码器。作为编码器的检测方法，光、磁、电容、电磁感应等是已知的。

[0003] 通常，编码器包括响应于标度(scale)位移检测信号的换能器、驱动换能器的驱动电路、将从换能器输出的模拟信号转换成数字信号的接收电路、以及对数字信号执行预定的信号处理的信号处理单元。接收电路包括放大接收的信号的前端电路和将前端电路放大的信号转换成数字信号的模数转换器(ADC)。

[0004] 在编码器中，很少使用连续信号，并且前端电路在预定的定时对输入信号进行采样以生成接收的信号，从而执行离散位置检测(例如，日本未审查专利申请公开第2013-149021号和国际专利公开第WO 2010/103580号)。这种前端电路通常包括前置放大器、开关电容器电路和积分电路。在用于检测多相(例如，三相或四相)信号的编码器中，已知全差分开关电容器电路(国际专利公开第WO 2010/103580号、日本未审查专利申请公开第2002-261614号、第2008-79129号和第2016-42627号)被用作开关电容器电路。

### 发明内容

[0005] 如上所述，前端电路包括放大器，诸如前置放大器和包括在积分电路中的差分放大器。因此，当前端电路放大输入信号时，前置放大器和差分放大器的输入偏移电压也被放大，并且这些放大的电压作为输出偏移电压被包括在前端电路的输出信号中。

[0006] 输出偏移电压会导致位置检测准确度下降。

[0007] 此外，虽然可以通过限制放大器的增益和输入信号的幅度来减小输出偏移电压的影响，但是其中安装了前端电路的诸如编码器的系统的动态范围变窄，这不是优选的。

[0008] 鉴于上述情况，做出了本公开，并且本公开旨在提供一种能够减少放大器的偏移的影响的前端电路。

[0009] 本公开的第一方面是一种前端电路，包括：前置放大器，被配置为放大输入到第一输入端子和第二输入端子的信号；第一切换电路，被配置为接收第一输入信号和第二输入信号，并且交替地和分别地将第一输入信号和第二输入信号输出到第一输入端子和第二输入端子；开关电容器电路，被配置为对由前置放大器放大的两个信号进行采样；积分电路，包括全差分运算放大器和第一积分电容器和第二积分电容器，全差分运算放大器输出通过放大在第三输入端子和第四输入端子之间输入的差分信号而获得的信号，作为第二输出端子和第一输出端子之间的差分信号；第二切换电路，被配置为能够切换开关电容器电路与

第一积分电容器的一端和第二积分电容器的一端之间的连接关系；和第三切换电路，被配置为能够切换第一积分电容器的另一端和第二积分电容器的另一端与第三输出端子和第四输出端子之间的连接关系，其中执行双相关采样，其中包括由开关电容器电路进行的采样和由积分电路进行的信号积分的循环被执行两次，以及每当循环改变时，第一切换电路分别在第一输入端子和第二输入端子之间切换第一输入信号和第二输入信号的输出目的地，第二切换电路分别在第一积分电容器和第二积分电容器之间切换由开关电容器电路采样的两个信号的输出目的地，并且第三切换电路分别在第三输出端子和第四输出端子之间切换第一积分电容器和第二积分电容器的连接目的地。因此，可以消除前置放大器的输入偏移电压的影响和全差分运算放大器的输入偏移电压的影响。

[0010] 本公开的第二方面是上述前端电路，其中，在作为两个循环之一的第一循环中，第一切换电路分别向前置放大器的第一输入端子和第二输入端子输出第一输入信号和第二输入信号，第二切换电路分别向第一积分电容器和第二积分电容器输出通过对由前置放大器放大第一输入信号和第二输入信号而获得的信号进行采样而获得的两个信号，并且第三切换电路分别将第一积分电容器和第二积分电容器连接到第三输出端子和第四输出端子，以及，在作为两个循环中的另一个的第二循环中，第一切换电路分别将第一输入信号和第二输入信号输出到前置放大器的第二输入端子和第一输入端子，第二切换电路分别将通过对由前置放大器放大第二输入信号和第一输入信号而获得的信号进行采样而获得的两个信号输出到第一积分电容器和第二积分电容器，第三切换电路分别将第一积分电容器和第二积分电容器连接到第四输出端子和第三输出端子。因此，可以消除前置放大器的输入偏移电压的影响和全差分运算放大器的输入偏移电压的影响。

[0011] 本公开的第三方面是上述前端电路，其中，第一切换电路包括：第一开关，第一输入信号输入到其一端，而其另一端连接到第一输入端子；第二开关，第一输入信号输入到其一端，而其另一端连接到第二输入端子；第三开关，第二输入信号输入到其一端，而其另一端连接到第二输入端子；和第四开关，第二输入信号输入到其一端，而其另一端连接到第一输入端子，开关电容器电路包括：第五输出端子，输出由开关电容器电路采样的两个信号之一；和第六输出端子，输出由开关电容器电路采样的两个信号中的另一个，第二切换电路包括：第五开关，连接在第五输出端子和第一积分电容器之间；第六开关，连接在第六输出端子和第一积分电容器之间；第七开关，连接在第六输出端子和第二积分电容器之间；和第八开关，连接在第五输出端子和第二积分电容器之间，第二切换电路包括：第九开关，插入在第一积分电容器和第三输出端子之间；第十开关，插入在第一积分电容器和第四输出端子之间；第十一开关，插入在第二积分电容器和第四输出端子之间；和第十二开关，插入在第二积分电容器和第三输出端子之间，以及第一开关、第三开关、第五开关、第七开关、第九开关和第十一开关，以及第二开关、第四开关、第六开关、第八开关、第十开关和第十二开关在循环改变时互补地导通和断开。因此，通过切换开关，可以消除前置放大器的输入偏移电压的影响和全差分运算放大器的输入偏移电压的影响。

[0012] 本公开的第四方面是上述前端电路，其中，在第一循环中，第一开关、第三开关、第五开关、第七开关、第九开关和第十一开关导通，并且第二开关、第四开关、第六开关、第八开关、第十开关和第十二开关断开，在两个循环中的另一个循环中，第一开关、第三开关、第五开关、第七开关、第九开关和第十一开关断开，并且第二开关、第四开关、第六开关、第八

开关、第十开关和第十二开关导通。因此，在双相关采样中，通过切换开关，可以消除前置放大器的输入偏移电压的影响和全差分运算放大器的输入偏移电压的影响。

[0013] 本公开的第五方面是上述前端电路，其中前置放大器将通过放大输入到第一输入端子和第二输入端子的信号而获得的信号分别从第七输出端子和第八输出端子输出，通过对从第七输出端子输出的信号进行采样而获得的信号从第五输出端子输出，并且通过对从第八输出端子输出的信号进行采样而获得的信号从第六输出端子输出。因此，可以消除前置放大器的输入偏移电压的影响。

[0014] 本公开的第六方面是一种编码器，包括：标度，其中设置有标度轨道；检测头，被配置为输出指示标度的检测结果的两相或更多相的信号；和信号处理装置，包括前端电路，前端电路被配置为接收与两相或更多相的信号中的两相相对应的信号，其中前端电路包括：前置放大器，被配置为放大输入到第一输入端子和第二输入端子的信号；第一切换电路，被配置为接收第一输入信号和第二输入信号，并且交替地和分别地将第一输入信号和第二输入信号输出到第一输入端子和第二输入端子；开关电容器电路，被配置为对由前置放大器放大的两个信号进行采样；积分电路，包括全差分运算放大器和第一积分电容器和第二积分电容器，全差分运算放大器输出通过放大在第三输入端子和第四输入端子之间输入的差分信号而获得的信号，作为第二输出端子和第一输出端子之间的差分信号；第二切换电路，被配置为能够切换开关电容器电路与第一积分电容器的一端和第二积分电容器的一端之间的连接关系；和第三切换电路，被配置为能够切换第一积分电容器的另一端和第二积分电容器的另一端以及第三输出端子和第四输出端子之间的连接关系，其中执行双相关采样，其中包括由开关电容器电路进行的采样和由积分电路进行的信号积分的循环被执行两次，以及每当循环改变时，第一切换电路分别在第一输入端子和第二输入端子之间切换第一输入信号和第二输入信号的输出目的地，第二切换电路分别在第一积分电容器和第二积分电容器之间切换由开关电容器电路采样的两个信号的输出目的地，并且第三切换电路分别在第三输出端子和第四输出端子之间切换第一积分电容器和第二积分电容器的连接目的地。因此，可以消除前置放大器的输入偏移电压的影响和全差分运算放大器的输入偏移电压的影响。

[0015] 根据本公开，可以提供一种能够减少放大器的偏移的影响的前端电路。

[0016] 从下文给出的详细描述和附图中，本公开的上述和其他目的、特征和进步将变得更加充分地理解，这些描述和附图仅作为示例给出，并且不被认为是对本公开的限制。

## 附图说明

- [0017] 图1示意性地示出了根据第一示例性实施例的编码器的配置；
- [0018] 图2是当使用四相信号时标度和检测头的透视图；
- [0019] 图3是当使用四相信号时的标度的俯视图；
- [0020] 图4示意性地示出了根据第一示例性实施例的信号处理装置的配置；
- [0021] 图5示意性地示出了一般前端电路的配置；
- [0022] 图6示意性地示出了根据第一示例性实施例的前端电路的概要配置；
- [0023] 图7更详细地示出了根据第一示例性实施例的前端电路的配置；
- [0024] 图8是第一采样循环中的前端电路的等效电路图；和

[0025] 图9是第二采样循环中的前端电路的等效电路图。

## 具体实施方式

[0026] 在下文中,将参照附图描述本公开的示例性实施例。在附图中,相同的元件由相同的附图标记表示,并且必要时将省略重复的描述。

[0027] 第一示例性实施例

[0028] 作为用于理解根据第一示例性实施例的编码器的前提,将描述作为一般编码器的示例的电磁感应型绝对编码器。图1示意性地示出了被配置为电磁感应型绝对编码器的编码器1000的配置。编码器1000包括标度1001、检测头1002和信号处理装置1003。标度1001和检测头1002被配置为在测量位移的方向上相对可移动。在下文中,测量方向将被描述为X方向。标度1001和检测头1002的主表面是与X方向和垂直于X方向的Y方向平行的X-Y平面。标度1001和检测头1002在垂直于X方向和Y方向的Z方向上分开布置。响应于例如从信号处理装置1003输出的控制信号CON1,控制检测头1002的每个部分的操作。指示检测头1002的检测结果的检测信号DET被输出到信号处理装置1003。

[0029] 编码器1000被配置为使用例如四相信号。在下文中,将描述当使用四相信号时的标度1001和检测头1002。应当理解,标度1001和检测头1002分别对应于上述标度1001和检测头1002。

[0030] 图2是当使用四相信号时标度1001和检测头1002的透视图。图3是使用四相信号时检测头1002的俯视图。标度1001包括板状构件1001A,其主表面是X-Y平面,并且其纵向方向是X方向。在板状构件1001A上,在X方向上延伸的标度轨道T10至T13布置在Y方向上。在标度轨道T10至T13中的每一个中,标度绕组L10至L13在X方向上以周期P布置。标度轨道T10至T13以这样的方式布置,使得标度绕组L10至L13布置在Y方向上,即布置为用于实现相位同步。

[0031] 检测头1002具有板状构件1002A,其主表面是X-Y平面。在图2和图3中,为了简化附图,仅示出了分别对应于标度1001的标度轨道T10至T13的发送绕组LT10至LT13和接收绕组LR10至LR13。

[0032] 发送绕组LT10至LT13被布置为分别在Z方向上与标度绕组L10至L13的绕组L10A至L13A重叠。

[0033] 接收绕组LR10至LR13被布置为分别在Z方向上与标度绕组L10至L13的绕组L10B至L13B重叠。接收绕组LR11设置在相对于接收绕组LR10在X方向上偏移1/4周期P,即P/4的位置。接收绕组LR12设置在相对于接收绕组LR11在X方向上偏移1/4周期P,即P/4,并且相对于接收绕组LR10偏移1/2周期P,即P/2的位置。接收绕组LR13设置在相对于接收绕组LR12在X方向上偏移1/4周期P,即P/4,相对于接收绕组LR11偏移1/2周期P,即P/2,以及相对于接收绕组LR10偏移3/4周期P,即3P/4的位置。

[0034] 接下来,将描述标度轨道T10中的位置检测。AC信号从例如激励电路(未示出)提供给发送绕组LT10,并且生成感应磁场。由发送绕组LT10中生成的感应磁场在标度绕组L10的绕组L10A中生成感应电流。结果,感应电流也在与绕组L10A形成一对的绕组L10B中流动。通过在绕组L10B中流动的感应电流生成感应磁场,并且通过感应磁场在接收绕组LR10中生成感应电流。在接收绕组LR10中流动的感应电流,作为标度绕组L10的检测信号(例如,包括在

图1中的检测信号DET中)被发送到信号处理装置1003。

[0035] 将描述标度轨道T11中的位置检测。标度轨道T11具有与标度轨道T10相同的结构，并且执行相同的操作。发送绕组LT11、绕组L11A、绕组L11B和接收绕组LR11分别对应于发送绕组LT10、绕组L10A、绕组L10B和接收绕组LR10，并且将省略对其细节的描述。如上所述，接收绕组LR11设置在相对于接收绕组LR10在X方向上偏移 $1/4$ 周期P，即 $P/4$ 的位置。因此，标度绕组L11的检测信号是其相位相对于标度绕组L10的检测信号偏移 $90^\circ$ 的信号。

[0036] 将描述标度轨道T12中的位置检测。标度轨道T12具有与标度轨道T10相同的结构，并且执行相同的操作。发送绕组LT12、绕组L12A、绕组L12B和接收绕组LR12分别对应于发送绕组LT10、绕组L10A、绕组L10B和接收绕组LR10，并且将省略对其细节的描述。如上所述，接收绕组LR12设置在相对于接收绕组LR11在X方向上偏移 $1/4$ 周期P，即 $P/4$ ，并且相对于接收绕组LR10偏移 $1/2$ 周期P，即 $P/2$ 的位置。因此，标度绕组L12的检测信号是其相位相对于标度绕组L11的检测信号偏移 $90^\circ$ 并且相对于标度绕组L10的检测信号偏移 $180^\circ$ 的信号。

[0037] 将描述标度轨道T13中的位置检测。标度轨道T13具有与标度轨道T10相同的结构，并且执行相同的操作。发送绕组LT13、绕组L13A、绕组L13B和接收绕组LR13分别对应于发送绕组LT10、绕组L10A、绕组L10B和接收绕组LR10，并且将省略对其细节的描述。如上所述，接收绕组LR13设置在相对于接收绕组LR12在X方向上偏移 $1/4$ 周期P，即 $P/4$ ，相对于接收绕组LR11偏移 $1/2$ 周期P，即 $P/2$ ，并且相对于接收绕组LR10偏移 $3/4$ 周期P，即 $3P/4$ 的位置。因此，标度绕组L13的检测信号是其相位相对于标度绕组L12的检测信号偏移 $90^\circ$ 、相对于标度绕组L11的检测信号偏移 $180^\circ$ 以及相对于标度绕组L10的检测信号偏移 $270^\circ$ 的信号。

[0038] 根据上述配置，随着标度1001和检测头1002在X方向上相对移动，分别从接收绕组LR10、LR12、LR11和LR13输出对应于 $0^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $90^\circ$ 和 $270^\circ$ 的信号R0至R3(也分别称为第一至第四相位的信号)。

[0039] 接下来，将描述信号处理装置1003。图4示意性地示出了信号处理装置1003的配置。信号处理装置1003至少包括两个前端电路10、两个模数(A/D)转换器11和数字处理单元12。为了方便起见，两个前端电路中的一个由附图标记10A表示且另一个由附图标记10B表示，并且两个A/D转换器中的一个由附图标记11A表示且另一个由附图标记11B表示。

[0040] 前端电路10A差分放大对应于相位 $0^\circ$ 的信号R0和对应于相位 $180^\circ$ 的信号R1，并将放大的信号输出到A/D转换器11A。A/D转换器11A将对应于两个接收的信号之间的差的数字信号输出到数字处理单元12。

[0041] 前端电路10B差分放大对应于相位 $90^\circ$ 的信号R2和对应于相位 $270^\circ$ 的信号R3，并将放大的信号输出到A/D转换器11B。A/D转换器11B将对应于两个接收的信号之间的差的数字信号输出到数字处理单元12。

[0042] 数字处理单元12对接收的两个数字信号执行预定的信号处理，以在编码器1000中执行位置检测，并输出通过信号处理获得的信号。

[0043] 接下来，作为用于理解根据本示例性实施例的前端电路的技术意义的前提，将描述一般前端电路的配置及其问题。图5示意性地示出了一般前端电路90的配置。前端电路90包括全差分开关电容器电路。这里，将描述被配置为具有采样保持功能的全差分开关电容器型积分器的前端电路90。

[0044] 前端电路90包括前置放大器1、开关电容器电路2和积分电路3。

[0045] 前置放大器1放大输入信号IN+ (即信号R0或信号R2) 和输入信号IN- (即信号R1或信号R3), 并将放大的信号输出到开关电容器电路2。在下文中, 在图5中, 对其输入输入信号IN+的前置放大器1的端子1A (上方输入端子) 被称为第一输入端子, 并且对其输入输入信号IN-的前置放大器1的端子1B (下方输入端子) 被称为第二输入端子。通过放大输入到输入端子1A的信号获得的信号从前置放大器1的一个输出端子1C (也称为第七输出端子) 输出, 并且通过放大输入到输入端子1B的信号获得的信号从前置放大器1的另一个输出端子1D (也称为第八输出端子) 输出。

[0046] 在开关电容器电路2中, 从前置放大器1的输出端子1C输出的信号被输入到输入端子2A, 并且从输出端子1D输出的信号被输入到输入端子2B。开关电容器电路2对两个输入信号(两个信号的电荷) 进行采样, 并将采样的信号(电荷) 输出到积分电路3。通过对输入到输入端子2A的信号进行采样而获得的电荷从输出端子2C (也称为第五输出端子) 输出, 并且通过对输入到输入端子2B的信号进行采样而获得的电荷从输出端子2D (也称为第六输出端子) 输出。稍后将描述开关电容器电路2的配置。

[0047] 积分电路3包括全差分运算放大器3A和积分电容器 $C_{FB1}$ 和 $C_{FB2}$ 。积分电容器 $C_{FB1}$ 插入在全差分运算放大器3A的反相输入端子(也称为第三输入端子) 和非反相输出端子(也称为第一输出端子) 之间。积分电容器 $C_{FB2}$ 插入在全差分运算放大器3A的非反相输入端子(也称为第四输入端子) 和反相输出端子(也称为第二输出端子) 之间。全差分运算放大器3A的非反相输出端子连接到输出端子 $T_{OUT+}$  (也称为第三输出端子), 并且输出信号 $OUT+$ 从输出端子 $T_{OUT+}$ 输出。全差分运算放大器3A的反相输出端子连接到输出端子 $T_{OUT-}$  (也称为第四输出端子), 并且输出信号 $OUT-$ 从输出端子 $T_{OUT-}$ 输出。换句话说, 全差分运算放大器3A将通过放大输入到非反相输入端子和反相输入端子的差分信号而获得的信号从非反相输出端子和反相输出端子输出, 以作为差分信号。

[0048] 接下来, 将描述开关电容器电路2的配置和操作。开关电容器电路2包括采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 以及开关S1至S8。

[0049] 开关S1插在前置放大器1的输出端子1C和采样电容器 $C_{SH1}$ 之间。开关S2插入在开关S1和采样电容器 $C_{SH1}$ 之间的节点与参考电压源之间。在下文中, 参考电压源的输出电压被称为REF。参考电压REF例如是接地电压。开关S3插入在采样电容器 $C_{SH1}$ 与开关电容器电路2的输出端子2C之间。开关S4插入在开关S3和采样电容器 $C_{SH1}$ 之间的节点与参考电压源之间。

[0050] 开关S5插在前置放大器1的输出端子1D与采样电容器 $C_{SH2}$ 之间。开关S6被插入在开关S5和采样电容器 $C_{SH2}$ 之间的节点与参考电压源之间。开关S7被插入在采样电容器 $C_{SH2}$ 与开关电容器电路2的输出端子2D之间。开关S8被插入在开关S7和采样电容器 $C_{SH2}$ 之间的节点与参考电压源之间。

[0051] 开关S1、S4、S5和S8 (也称为第一开关组) 响应于控制信号 $\varphi A$ 而同步导通和断开, 并且开关S2、S3、S6和S7 (也称为第二开关组) 响应于控制信号 $\varphi B$ 而同步导通和断开。第一开关组的开关和第二开关组的开关被控制为互补地导通。也就是说, 包括在两组中的开关被控制为不同时导通。

[0052] 下面将描述前端电路90的操作。当控制信号 $\varphi A$ 变高(HIGH) 且控制信号 $\varphi B$ 变低(LOW) 时, 开关S1、S4、S5和S8导通, 而开关S2、S3、S6和S7断开。因此, 以参考电压REF为基准对采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 充电, 并且对电压 $V_{OUT\_PRE}$ 进行采样(采样操作)。

[0053] 接下来,当控制信号 $\varphi A$ 变低并且控制信号 $\varphi B$ 变高时,开关S1、S4、S5和S8断开,并且开关S2、S3、S6和S7导通。因此,采样电容器 $C_{SH1}$ 的电荷被转移到积分电容器 $C_{FB1}$ ,并且采样电容器 $C_{SH2}$ 的电荷被转移到积分电容器 $C_{FB2}$ (电荷转移操作)。

[0054] 转移的电荷累积在积分电路3的积分电容器 $C_{FB1}$ 和 $C_{FB2}$ 中,并且输出对应于累积的电荷的输出电压。采样操作和电荷转移操作被执行一次的操作被称为一个采样循环。

[0055] 接下来,考虑前端电路90的输出电压,即,作为输出端子 $T_{OUT+}$ 和输出端子 $T_{OUT-}$ 之间的差电压的输出电压 $V_{OUT}$ 。在下文中,采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 的电容被定义为 $C_{SH}$ ,积分电容器 $C_{FB1}$ 和 $C_{FB2}$ 的电容被定义为 $C_{FB}$ ,前置放大器1的增益被定义为 $G_{PRE}$ 。输入信号 $IN+$ 和输入信号 $IN-$ 之间的差电压(输入电压)被定义为 $V_{IN}$ ,输入信号 $IN+$ 的电压被定义为 $+V_{IN}/2$ ,输入信号 $IN-$ 的电压被定义为 $-V_{IN}/2$ 。前置放大器1的输入偏移电压被定义为 $\Delta V_{PRE}$ 。全差分运算放大器3A的输入偏移电压被定义为 $\Delta V_{INT}$ 。

[0056] 这里,假设前置放大器1的公共电压与参考电压REF相同。在这种情况下,在采样操作中充入采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 的电荷 $Q_{SH1}$ 和 $Q_{SH2}$ 分别由下面表达式[1]和[2]表示。在下面的描述中,在参考电压REF为零的条件下执行计算,以便于理解采样操作。前置放大器1的输入端子1A处的输入偏移电压被定义为 $V_{PRE}/2$ ,并且输入端子1B处的输入偏移电压被定义为 $-\Delta V_{PRE}/2$ 。

$$[0057] Q_{SH1} = C_{SH} G_{PRE} \left( \frac{V_{IN}}{2} + \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) \quad [1]$$

$$[0058] Q_{SH2} = C_{SH} G_{PRE} \left( -\frac{V_{IN}}{2} - \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) \quad [2]$$

[0059] 表达式[1]和[2]中的正号和负号分别指示累积在采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 的输入侧端子处(即在连接到前置放大器1的端子处)的电荷的正号和负号。

[0060] 接下来,在电荷转移操作中转移电荷之后,采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 中剩余的电荷 $Q'_{SH1}$ 和 $Q'_{SH2}$ 分别由以下表达式[3]和[4]表示。在下文中,全差分运算放大器3A的公共电压被定义为0,反相输入端子的输入偏移电压被定义为 $\Delta V_{INT}/2$ ,并且非反相输入端子的输入偏移电压被定义为 $-\Delta V_{INT}/2$ 。

$$[0061] Q'_{SH1} = C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \quad [3]$$

$$[0062] Q'_{SH2} = -C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \quad [4]$$

[0063] 表达式[3]和[4]中的正号和负号指示累积在采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 的输出侧端子中(即在连接到全差分运算放大器3A的端子处)的电荷的正号和负号。

[0064] 在这种情况下,转移到积分电容器 $C_{FB1}$ 的电荷 $Q_{FB1}$ 由表达式[1]和[3]之间的差表示,并且转移到积分电容器 $C_{FB2}$ 的电荷 $Q_{FB2}$ 由表达式[2]和[4]之间的差表示。

$$\begin{aligned} Q_{FB1} &= -Q_{SH1} - Q'_{SH1} \\ [0065] \quad &= -C_{SH} G_{PRE} \left( \frac{V_{IN}}{2} + \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) - C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \end{aligned} \quad [5]$$

$$\begin{aligned} Q_{FB2} &= -Q_{SH2} - Q'_{SH2} \\ [0066] \quad &= C_{SH} G_{PRE} \left( \frac{V_{IN}}{2} + \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) + C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \\ &= -Q_{FB1} \end{aligned} \quad [6]$$

[0067] 表达式[5]和[6]中的正号和负号指示累积在积分电容器 $C_{FB1}$ 和 $C_{FB2}$ 的输入侧端子处(即连接到全差分运算放大器3A的输入端子处)的电荷的正号和负号。

[0068] 因此,作为输出信号OUT+和输出信号OUT-之间的差分电压的输出电压 $V_{OUT}$ 由下面的表达式[7]表示。

$$\begin{aligned} V_{OUT} &= \left( -\frac{Q_{FB1}}{C_{FB}} + \frac{\Delta V_{INT}}{2} \right) - \left( -\frac{Q_{FB2}}{C_{FB}} - \frac{\Delta V_{INT}}{2} \right) \\ &= -\frac{2Q_{FB1}}{C_{FB}} + \Delta V_{INT} \\ [0069] \quad &= -\frac{2}{C_{FB}} \left[ -C_{SH} \cdot G_{PRE} \left( \frac{V_{IN}}{2} + \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) - C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \right] + \Delta V_{INT} \\ &= G_{PRE} \frac{C_{SH}}{C_{FB}} (V_{IN} + \Delta V_{PRE}) + \frac{C_{SH}}{C_{FB}} \Delta V_{INT} + \Delta V_{INT} \\ &= G_{PRE} \frac{C_{SH}}{C_{FB}} V_{IN} + G_{PRE} \frac{C_{SH}}{C_{FB}} \Delta V_{PRE} + \left( \frac{C_{SH}}{C_{FB}} + 1 \right) \Delta V_{INT} \end{aligned} \quad [7]$$

[0070] 表达式[7]右侧第一项的乘以输入电压 $V_{IN}$ 的系数 $G_{PRE} * C_{SH} / C_{FB}$ 表示输入到前端电路90的输入电压 $V_{IN}$ 的信号增益。

[0071] 右侧的第二项表示前置放大器1的输入偏移电压 $\Delta V_{PRE}$ 被信号增益放大。通常可以理解,前置放大器1的输入偏移电压 $\Delta V_{PRE}$ 是大的,被前端电路90的信号增益放大的输入偏移电压 $\Delta V_{PRE}$ 包含在输出电压 $V_{OUT}$ 中。

[0072] 右侧第三项中的 $C_{SH} / C_{FB}$ 是积分电路3的信号增益。因此,右侧的第三项表示全差分运算放大器3A的输入偏移电压 $\Delta V_{INT}$ 被放大了[积分电路的信号增益+1]倍。也就是说,全差分运算放大器3A的输入偏移电压 $\Delta V_{INT}$ 的影响也被添加到输出电压 $V_{OUT}$ 。

[0073] 如上所述,这些放大器的输入偏移电压的影响导致编码器中位置检测准确度的恶化。

[0074] 另一方面,本示例性实施例提出了能够消除前置放大器1的输入偏移电压的影响的前端电路。下面将描述根据第一示例性实施例的前端电路10。

[0075] 图6示意性地示出了根据第一示例性实施例的前端电路10的概要配置。图7更详细地示出了根据第一示例性实施例的前端电路10的配置。前端电路10具有将切换电路4至6添

加到前端电路90的配置。前端电路10被配置为用于通过由切换电路4至6切换连接来执行所谓的相关双采样(correlated double sampling,CDS)的电路。前置放大器1和开关电容器电路2与前端电路90中的相同,因此将省略其描述。

[0076] 切换电路4(也称为第一切换电路)包括开关S11至S14,并且被插入在输入端子 $T_{IN+}$ 和 $T_{IN-}$ 与前置放大器1之间。开关S11连接在输入端子 $T_{IN+}$ 和前置放大器1的一个输入端子1A(也称为第一输入端子)之间。开关S12连接在输入端子 $T_{IN+}$ 和前置放大器1的另一个输入端子1B(也称为第二输入端子)之间。开关S13连接在输入端子 $T_{IN-}$ 和前置放大器1的输入端子1B之间。开关S14连接在输入端子 $T_{IN-}$ 和前置放大器1的输入端子1A之间。

[0077] 开关S11和S13响应于控制信号 $\varphi 1$ 而导通和断开,并且开关S12和S14响应于控制信号 $\varphi 2$ 而导通和断开。一对开关S11和S13以及一对开关S12和S14被控制为互补地导通,即,不同时导通。

[0078] 切换电路5(也称为第二切换电路)包括开关S21至S24,并且被插入在开关电容器电路2与积分电路3之间。开关S21连接在开关电容器电路2的输出端子2C和全差分运算放大器3A的反相输入端子之间的节点与积分电容器 $C_{FB1}$ 的输入侧电极E11之间。开关S22连接在开关电容器电路2的输出端子2D和全差分运算放大器3A的非反相输入端子之间的节点与积分电容器 $C_{FB1}$ 的输入侧电极E11之间。开关S23连接在开关电容器电路2的输出端子2D和全差分运算放大器3A的非反相输入端子之间的节点与积分电容器 $C_{FB2}$ 的输入侧电极E21之间。开关S24连接在开关电容器电路2的输出端子2C和全差分运算放大器3A的反相输入端子之间的节点与积分电容器 $C_{FB2}$ 的输入侧电极E21之间。

[0079] 开关S21和S23响应于控制信号 $\varphi 1$ 而导通和断开,并且开关S22和S24响应于控制信号 $\varphi 2$ 而导通和断开。一对开关S21和S23以及一对开关S22和S24被控制为互补地导通,即不同时导通。

[0080] 切换电路6(也称为第三切换电路)包括开关S31至S34,并被插入积分电路3与输出端子 $T_{OUT+}$ 和 $T_{OUT-}$ 之间。开关S31连接在积分电容器 $C_{FB1}$ 的输出侧电极E12与全差分运算放大器3A的非反相输入端子和输出端子 $T_{OUT+}$ 之间的节点之间。开关S32连接在积分电容器 $C_{FB1}$ 的电极E12与全差分运算放大器3A的反相输入端子和输出端子 $T_{OUT-}$ 之间的节点之间。开关S33连接在积分电容器 $C_{FB2}$ 的输出侧电极E22与全差分运算放大器3A的反相输入端子和输出端子 $T_{OUT-}$ 之间的节点之间。开关S34连接在积分电容器 $C_{FB2}$ 的电极E22与全差分运算放大器3A的非反相输入端子和输出端子 $T_{OUT+}$ 之间的节点之间。

[0081] 开关S31和S33响应于控制信号 $\varphi 1$ 而导通和断开,开关S32和S34响应于控制信号 $\varphi 2$ 而导通和断开。一对开关S31和S33以及一对开关S32和S34被控制为互补地导通,即,不同时导通。

[0082] 接下来,将描述前端电路10的操作。前端电路10可以通过执行两次采样循环同时改变控制信号 $\varphi 1$ 和 $\varphi 2$ 的电平来消除偏移电压的影响。

[0083] 第一采样循环

[0084] 图8是第一采样循环中前端电路10的等效电路图。在第一采样循环中,控制信号 $\varphi 1$ 被设置为高以导通开关S11、S13、S21、S23、S31和S33,并且控制信号 $\varphi 2$ 被设置为低以断开

开关S12、S14、S22、S24、S32和S34。在这种状态下,执行第一采样循环。结果,电荷累积在积分电容器C<sub>FB1</sub>和C<sub>FB2</sub>中。

[0085] 第二采样循环

[0086] 图9示出了第二采样循环中前端电路10的等效电路图。在第二采样循环中,控制信号φ1被设置为低以断开开关S11、S13、S21、S23、S31和S33,并且控制信号φ2被设置为高以导通开关S12、S14、S22、S24、S32和S34。在这种状态下,执行第二采样循环。结果,电荷累积在积分电容器C<sub>FB1</sub>和C<sub>FB2</sub>中。

[0087] 在上述两个采样循环中,通过由前置放大器1放大输入信号IN+的电压V<sub>IN</sub>/2获得的电压被施加到积分电容器C<sub>FB1</sub>,并且通过由前置放大器1放大输入信号IN-的电压-V<sub>IN</sub>/2获得的电压被施加到积分电容器C<sub>FB2</sub>。

[0088] 另一方面,在第一采样循环中,通过由前置放大器1放大前置放大器1的输入偏移电压ΔV<sub>PRE</sub>获得的电压(前置放大器1的输出偏移电压)以与前端电路90相同的方式被施加到积分电容器C<sub>FB1</sub>和C<sub>FB2</sub>。即,积分电容器C<sub>FB1</sub>参考通过由前置放大器1放大输入偏移电压ΔV<sub>PRE</sub>/2获得的电压充电,并且积分电容器C<sub>FB2</sub>参考通过由前置放大器1放大输入偏移电压ΔV<sub>PRE</sub>/2获得的电压充电。另一方面,在第二采样循环中,通过由前置放大器1放大前置放大器1的输入偏移电压ΔV<sub>PRE</sub>而获得的电压(前置放大器1的输出偏移电压)相对于第一采样循环被反转,并且被施加到积分电容器C<sub>FB1</sub>和C<sub>FB2</sub>,换句话说,以相对于第一采样循环相反的极性被施加到积分电容器C<sub>FB1</sub>和C<sub>FB2</sub>。即,积分电容器C<sub>FB1</sub>参考通过前置放大器1放大输入偏移电压-ΔV<sub>PRE</sub>/2获得的电压充电,并且积分电容器C<sub>FB2</sub>参考通过前置放大器1放大输入偏移电压ΔV<sub>PRE</sub>/2获得的电压充电。因此,可以消除前置放大器1的输入偏移电压V<sub>PRE</sub>对输出电压V<sub>OUT</sub>的影响。

[0089] 此外,在第一采样循环中,全差分运算放大器3A的输入偏移电压ΔV<sub>INT</sub>以与前端电路90相同的方式被施加到积分电容器C<sub>FB1</sub>和C<sub>FB2</sub>。即,参考通过放大全差分运算放大器3A的输入偏移电压ΔV<sub>INT</sub>/2获得的电压对积分电容器C<sub>FB1</sub>充电,并且参考通过放大全差分运算放大器3A的输入偏移电压-ΔV<sub>INT</sub>/2获得的电压对积分电容器C<sub>FB2</sub>充电。另一方面,在第二采样循环中,全差分运算放大器3A的输入偏移电压ΔV<sub>INT</sub>相对于第一采样循环被反转,并被施加到积分电容器C<sub>FB1</sub>和C<sub>FB2</sub>,换句话说,以相对于第一采样循环相反的极性被施加到积分电容器C<sub>FB1</sub>和C<sub>FB2</sub>。即,参考通过放大全差分运算放大器3A的输入偏移电压-ΔV<sub>INT</sub>/2获得的电压对积分电容器C<sub>FB1</sub>充电,并且参考通过放大全差分运算放大器3A的输入偏移电压ΔV<sub>INT</sub>/2获得的电压对积分电容器C<sub>FB2</sub>充电。因此,可以消除全差分运算放大器3A的输入偏移电压V<sub>INT</sub>对输出电压V<sub>OUT</sub>的影响。

[0090] 在下文中,将具体考虑前端电路10的输出电压V<sub>OUT</sub>。

[0091] [第一采样循环的采样操作]

[0092] 在第一采样循环的采样操作中充入采样电容器C<sub>SH1</sub>和C<sub>SH2</sub>的电荷Q<sub>SH1\_1</sub>和Q<sub>SH2\_1</sub>分别由以下表达式[8]和[9]表示。如上所述,假设前置放大器1的公共电压与参考电压REF相同,并且参考电压REF为零。

$$[0093] Q_{SH1\_1} = C_{SH} G_{PRE} \left( \frac{V_{IN}}{2} + \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) \quad [8]$$

$$[0094] Q_{SH2\_1} = C_{SH} G_{PRE} \left( -\frac{V_{IN}}{2} - \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) \quad [9]$$

[0095] 表达式[8]和[9]中的正号和负号指示累积在采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 的输入侧端子处(即在连接到前置放大器1的端子处)的电荷的正号和负号。

[0096] 在第一采样循环的电荷转移操作中转移电荷之后,采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 中剩余的电荷 $Q'_{SH1\_1}$ 和 $Q'_{SH2\_1}$ 分别由下面的表达式[10]和[11]表示。如上所述,全差分运算放大器3A的公共电压为零,反相输入端子的电压为 $\Delta V_{INT}/2$ ,非反相输入端子的电压为 $-\Delta V_{INT}/2$ 。

$$[0097] Q'_{SH1\_1} = C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \quad [10]$$

$$[0098] Q'_{SH2\_1} = -C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \quad [11]$$

[0099] 表达式[10]和[11]中的正号和负号指示累积在采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 的输出侧端子处(即在连接到全差分运算放大器3A的端子处)的电荷的正号和负号。

[0100] 在这种情况下,转移到积分电容器 $C_{FB1}$ 的电荷 $Q_{FB1\_1}$ 由表达式[8]和[10]之间的差表示,并且转移到积分电容器 $C_{FB2}$ 的电荷 $Q_{FB2\_1}$ 由表达式[9]和[11]之间的差表示。

$$\begin{aligned} [0101] Q_{FB1\_1} &= -Q_{SH1\_1} - Q'_{SH1\_1} \\ &= -C_{SH} G_{PRE} \left( \frac{V_{IN}}{2} + \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) - C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \end{aligned} \quad [12]$$

$$\begin{aligned} [0102] Q_{FB2\_1} &= -Q_{SH2\_1} - Q'_{SH2\_1} \\ &= C_{SH} G_{PRE} \left( \frac{V_{IN}}{2} + \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) + C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \\ &= -Q_{FB1\_1} \end{aligned} \quad [13]$$

[0103] 表达式[12]和[13]中的正号和负号指示累积在积分电容器CFB1和CFB2的输入侧端子处(即在连接到全差分运算放大器3A的输入端子的端子处)的电荷的正号和负号。

[0104] [第二采样循环的采样操作]

[0105] 在第二采样循环的采样操作中充入采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 的电荷 $Q_{SH1\_2}$ 和 $Q_{SH2\_2}$ 分别由以下表达式[14]和[15]表示。

$$[0106] Q_{SH1\_2} = C_{SH} G_{PRE} \left( -\frac{V_{IN}}{2} + \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) \quad [14]$$

$$[0107] Q_{SH2\_2} = C_{SH} G_{PRE} \left( \frac{V_{IN}}{2} - \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) \quad [15]$$

[0108] 表达式[14]和[15]中的正号和负号指示在采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 的输入侧端子处(即在连接到前置放大器1的端子处)累积的电荷的正号和负号。

[0109] 在第二采样循环的电荷转移操作中转移电荷之后,采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 中剩余的电荷 $Q'_{SH1\_2}$ 和 $Q'_{SH2\_2}$ 分别由以下表达式[16]和[17]表示。

$$[0110] Q'_{SH1\_2} = C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \quad [16]$$

$$[0111] Q'_{SH2\_2} = -C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2} \quad [17]$$

[0112] 表达式[16]和[17]中的正号和负号指示在采样电容器 $C_{SH1}$ 和 $C_{SH2}$ 的输出侧端子处(即在连接到全差分运算放大器3A的端子处)累积的电荷的正号和负号。在第二采样循环中,开关电容器电路2的输出端子2C连接到积分电容器 $C_{FB2}$ 和全差分运算放大器3A的反相输入端子,并且输出端子2D连接到积分电容器 $C_{FB1}$ 和全差分运算放大器3A的非反相输入端子。另一方面,在第一采样循环中,开关电容器电路2的输出端子2C连接到积分电容器 $C_{FB1}$ 和全差分运算放大器3A的反相输入端子,并且输出端子2D连接到积分电容器 $C_{FB2}$ 和全差分运算放大器3A的非反相输入端子。

[0113] 即,在本配置中,每当循环改变时,开关电容器电路2与积分电容器 $C_{FB1}$ 和 $C_{FB2}$ 之间的连接关系被反转,并且连接到开关电容器电路2的输出端子2C和2D的积分电容器被切换。

[0114] 在这种情况下,转移到积分电容器 $C_{FB1}$ 的电荷 $Q_{FB1\_2}$ 由表达式[14]和[16]之间的差表示,并且转移到积分电容器 $C_{FB2}$ 的电荷 $Q_{FB2\_2}$ 由表达式[15]和[17]之间的差表示。

$$Q_{FB1\_2} = -Q_{SH2\_2} - Q'_{SH2\_2}$$

$$[0115] = -C_{SH} G_{PRE} \left( \frac{V_{IN}}{2} - \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) + \frac{\Delta V_{INT}}{2} \quad [18]$$

$$Q_{FB2\_2} = -Q_{SH1\_2} - Q'_{SH1\_2}$$

$$[0116] = -C_{SH} G_{PRE} \left( -\frac{V_{IN}}{2} + \frac{\Delta V_{PRE}}{2} \right) - C_{SH} \frac{\Delta V_{INT}}{2}$$

$$= -Q_{FB1\_2} \quad [19]$$

[0117] 表达式[18]和[19]中的正号和负号指示累积在积分电容器 $C_{FB1}$ 和 $C_{FB2}$ 的输入侧端子处(即连接到全差分运算放大器3A的输入端子的端子处)的电荷的正号和负号。

[0118] 因此,在第一采样循环和第二采样循环中充入积分电容器 $C_{FB1}$ 和 $C_{FB2}$ 中的电荷 $Q_{FB1}$ 和 $Q_{FB2}$ 分别由以下表达式[20]和[21]表示。

$$[0119] Q_{FB1} = Q_{FB1\_1} + Q_{FB1\_2}$$

$$[0120] = -C_{SH} G_{PRE} V_{IN} \quad [20]$$

$$[0121] Q_{FB2} = Q_{FB2\_1} + Q_{FB2\_2}$$

$$[0122] = C_{SH} G_{PRE} V_{IN}$$

$$[0123] = -Q_{FB1} \quad [21]$$

[0124] 根据表达式[20]和[21],输出电压 $V_{OUT}$ 由下面的表达式[22]表示。

$$\begin{aligned}
 V_{\text{OUT}} &= \left( \frac{-Q_{\text{FB}2}}{C_{\text{FB}}} + \frac{\Delta V_{\text{INT}}}{2} \right) - \left( \frac{-Q_{\text{FB}1}}{C_{\text{FB}}} - \frac{\Delta V_{\text{INT}}}{2} \right) \\
 [0125] \quad &= \frac{2Q_{\text{FB}1}}{C_{\text{FB}}} + \Delta V_{\text{INT}} \\
 &= -2G_{\text{PRE}} \frac{C_{\text{SH}}}{C_{\text{FB}}} V_{\text{IN}} + \Delta V_{\text{INT}}
 \end{aligned} \tag{22}$$

[0126] 因此,根据本配置,可以从输出电压 $V_{\text{OUT}}$ 中消除前置放大器1的输入偏移电压 $\Delta V_{\text{PRE}}$ 的影响。通过将表达式[7]与表达式[22]进行比较,可以消除前置放大器1的相对大的输入偏移电压 $\Delta V_{\text{PRE}}$ 的影响,从而结果可以提高编码器的位置检测准确度。

[0127] 从表达式[22]可以理解,根据本配置,与前端电路90(等式[7])相比,可以减小全差分运算放大器3A的输入偏移电压 $\Delta V_{\text{INT}}$ 的影响。因此,在本配置中,可以有利地降低放大器的输入偏移电压的影响。

[0128] 此外,在本配置中,可以通过执行其中对相同信号(输入电压 $V_{\text{IN}}$ )采样两次的所谓相关双采样(CDS)来实现诸如 $1/f$ 噪声的噪声的降低。

[0129] 此外,由于可以抑制输出电压的偏移,所以可以增加前端电路的动态范围。

[0130] 在前端电路10中,可以执行积分采样以降低噪声并增加增益。积分采样意味着包括上述第一采样循环和第二采样循环的集合被重复多次。此时,假设作用于积分采样之后的输出电压 $V_{\text{OUT}}$ 的全差分运算放大器3A的增益是 $G_{\text{INT}}$ ,输出电压 $V_{\text{OUT}}$ 由下面的表达式[23]表示。

$$[0131] \quad V_{\text{OUT}} = -2G_{\text{INT}}G_{\text{PRE}} \frac{C_{\text{SH}}}{C_{\text{FB}}} V_{\text{IN}} + \Delta V_{\text{INT}} \tag{23}$$

[0132] 在表达式[23]中,因为只有输入电压 $V_{\text{IN}}$ 乘以全差分运算放大器3A的增益 $G_{\text{INT}}$ ,所以消除了放大器的偏移。因此,包括在通过积分采样获得的输出电压 $V_{\text{OUT}}$ 中的偏移分量被消除,结果,可以进一步提高编码器的位置检测准确度。

[0133] 其他示例性实施例

[0134] 应当注意,本发明不限于上述实施例,并且可以在不脱离其精神的情况下进行适当的改变。例如,第一采样循环和第二采样循环可以以不同的顺序执行。

[0135] 只要前置放大器1和全差分运算放大器3A的偏移电压的影响能够如上述实施例中那样减小,前端电路中的前置放大器1、开关电容器电路2、积分电路3和切换电路之间的连接关系可以适当地改变。

[0136] 在上述实施例中,电磁感应型绝对编码器已经被描述为编码器的示例。然而,应当理解,上述前端电路可以应用于其他检测类型的编码器,例如光学类型、磁性类型和电容类型。此外,应当理解,上述前端电路可以应用于绝对编码器或增量编码器。

[0137] 从所描述的公开内容来看,很明显本公开内容的实施例可以以多种方式变化。这种变化不被认为是背离了本公开的精神和范围,并且对于本领域技术人员来说显而易见的是所有这种修改都旨在包括在所附权利要求的范围内。

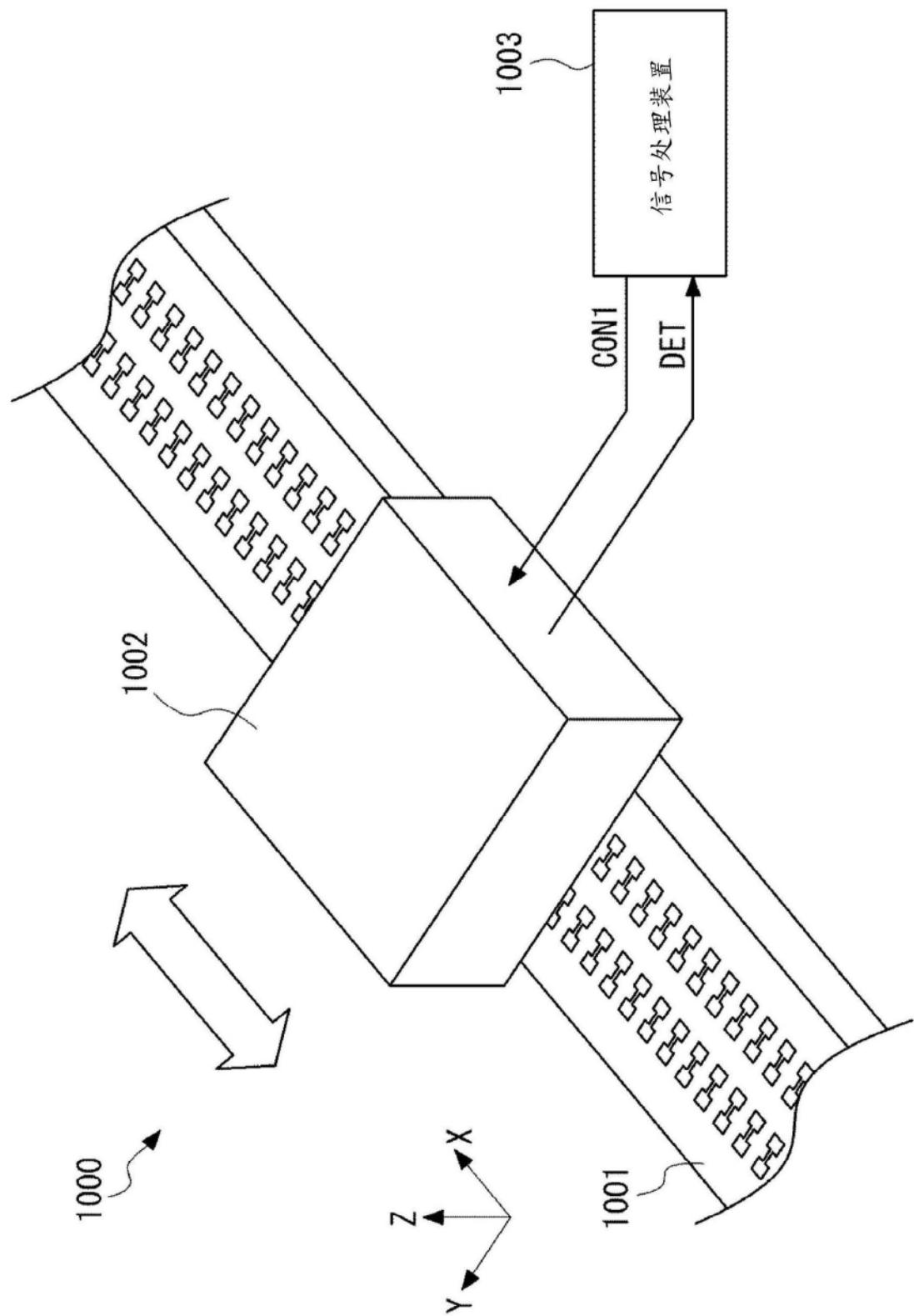


图1

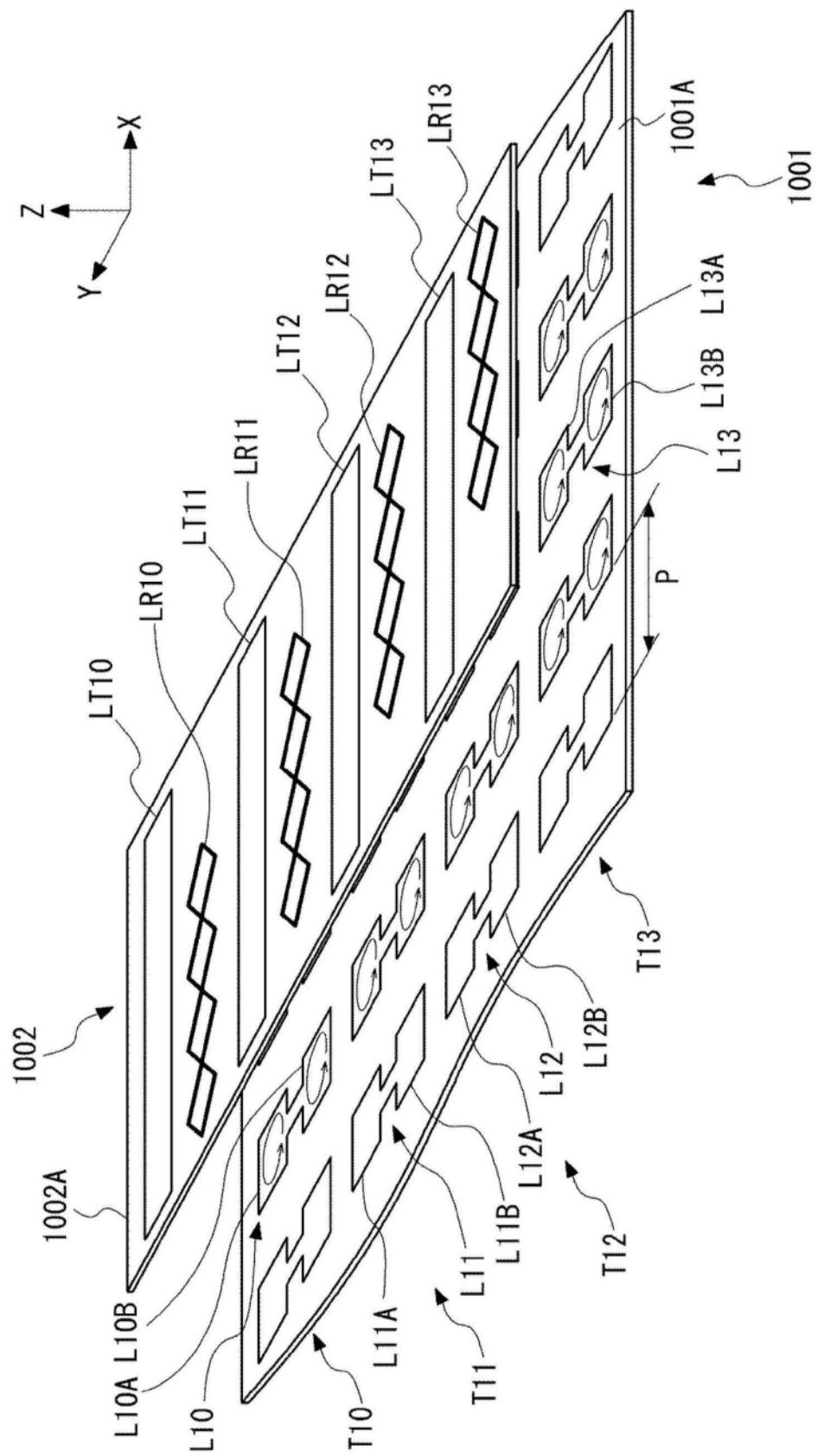


图2

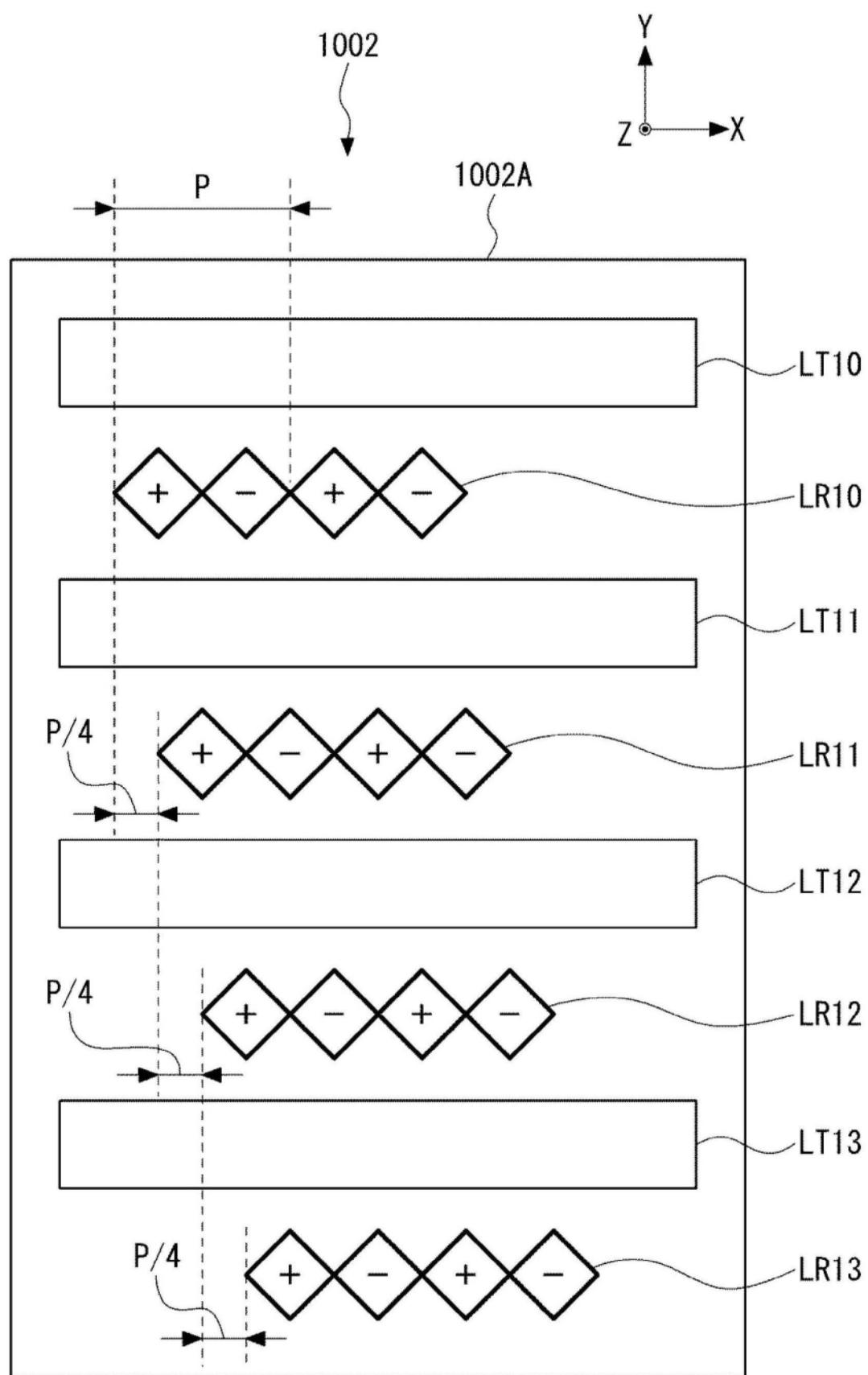


图3

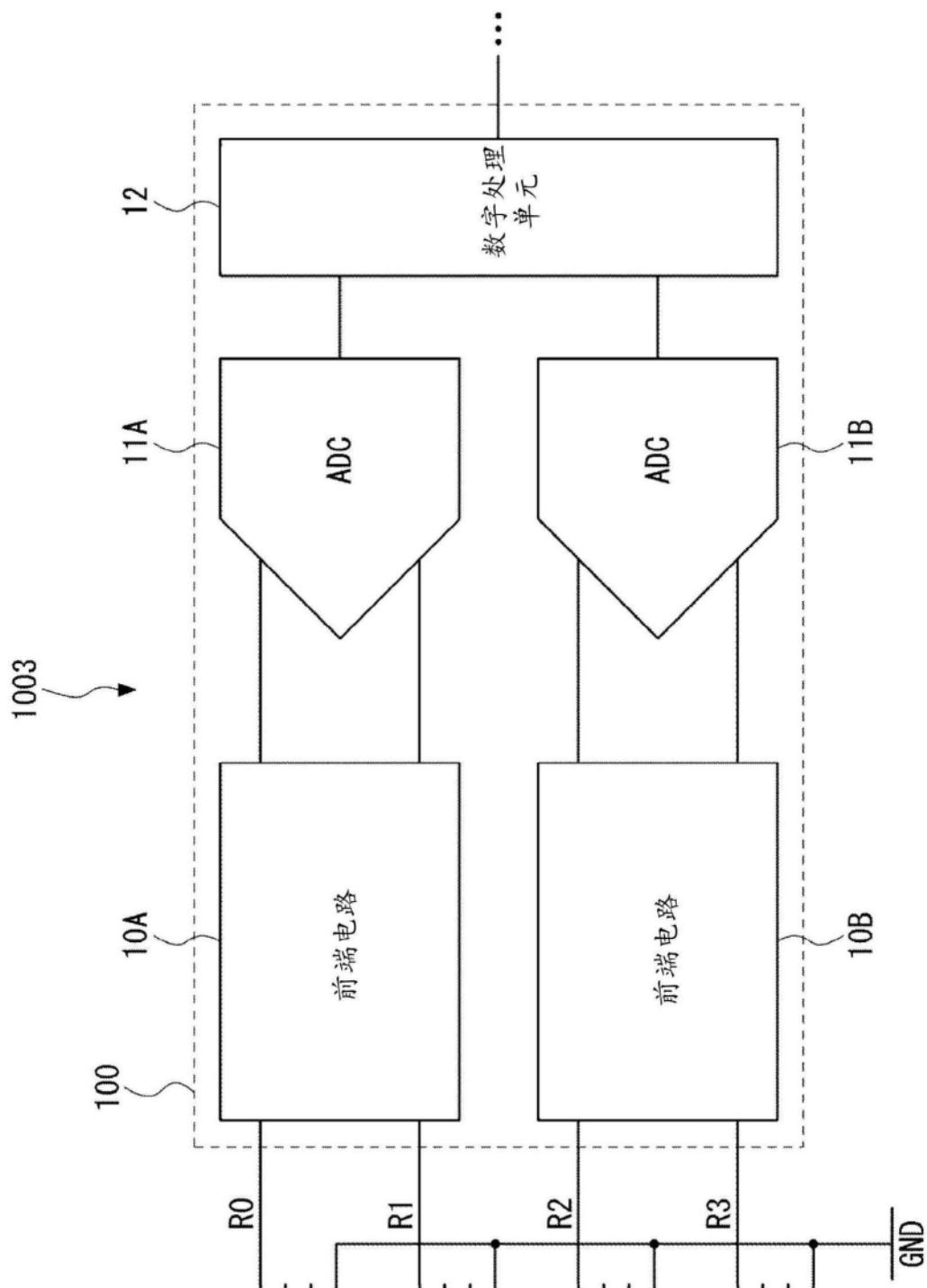


图4

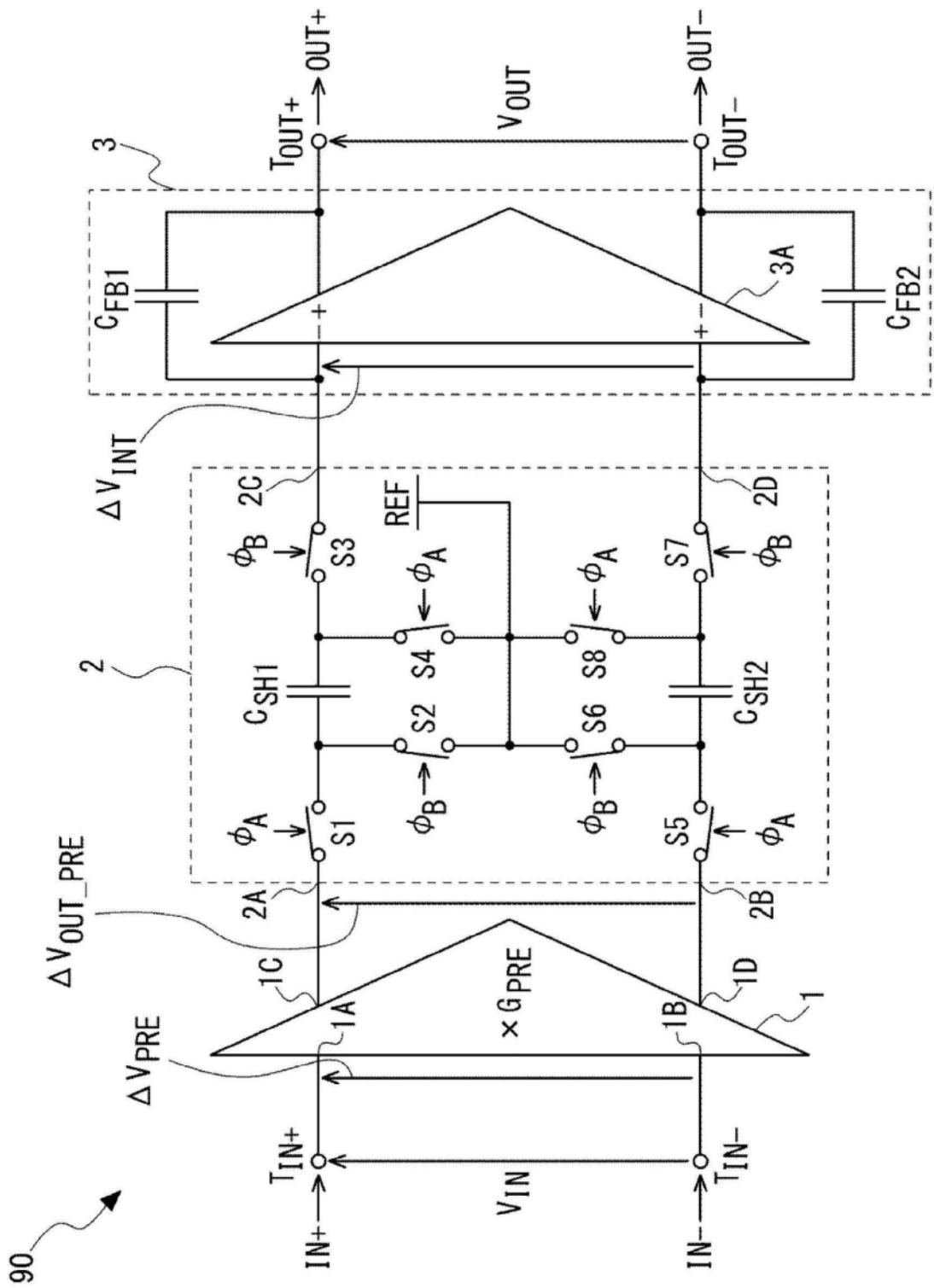


图5

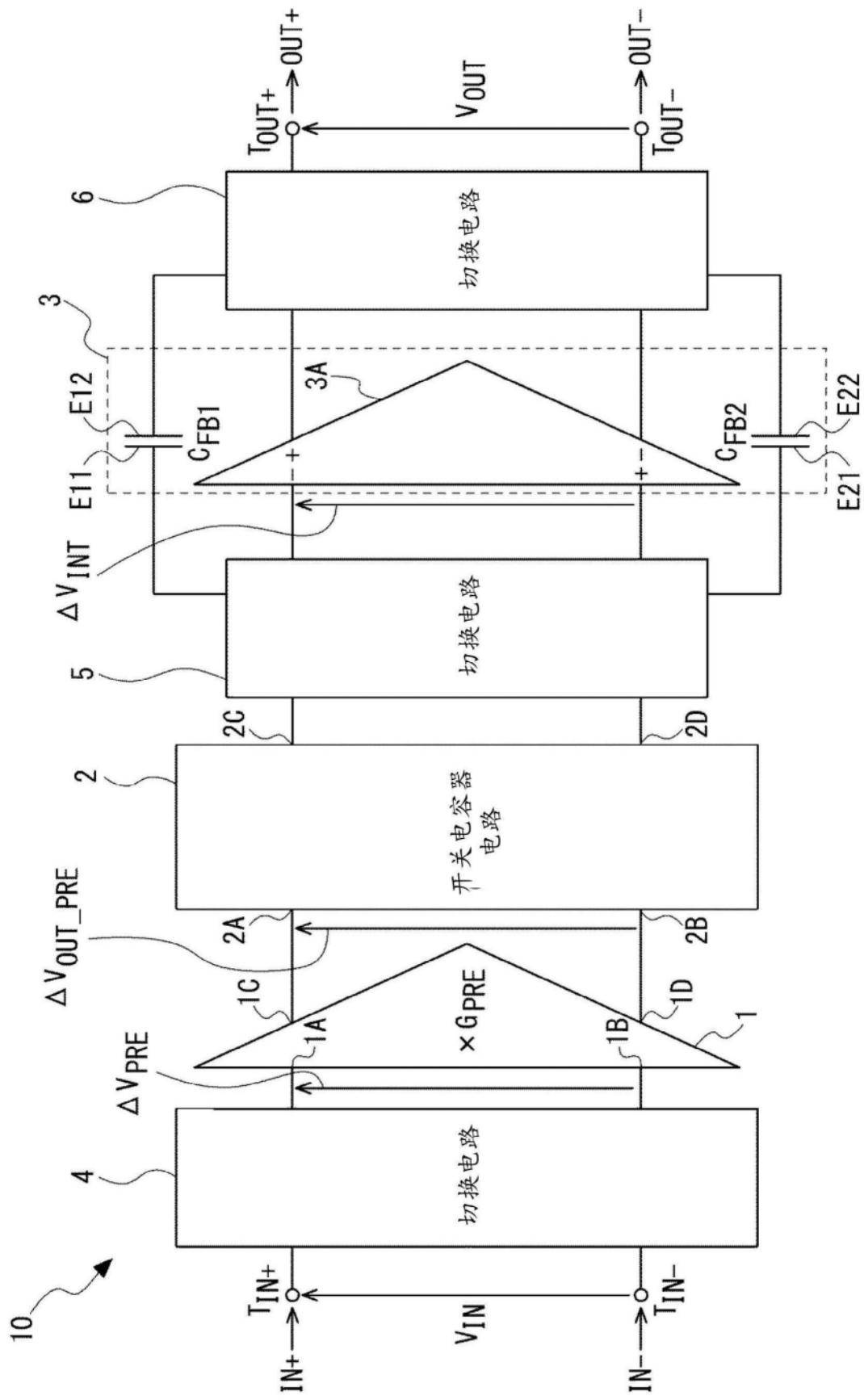


图6

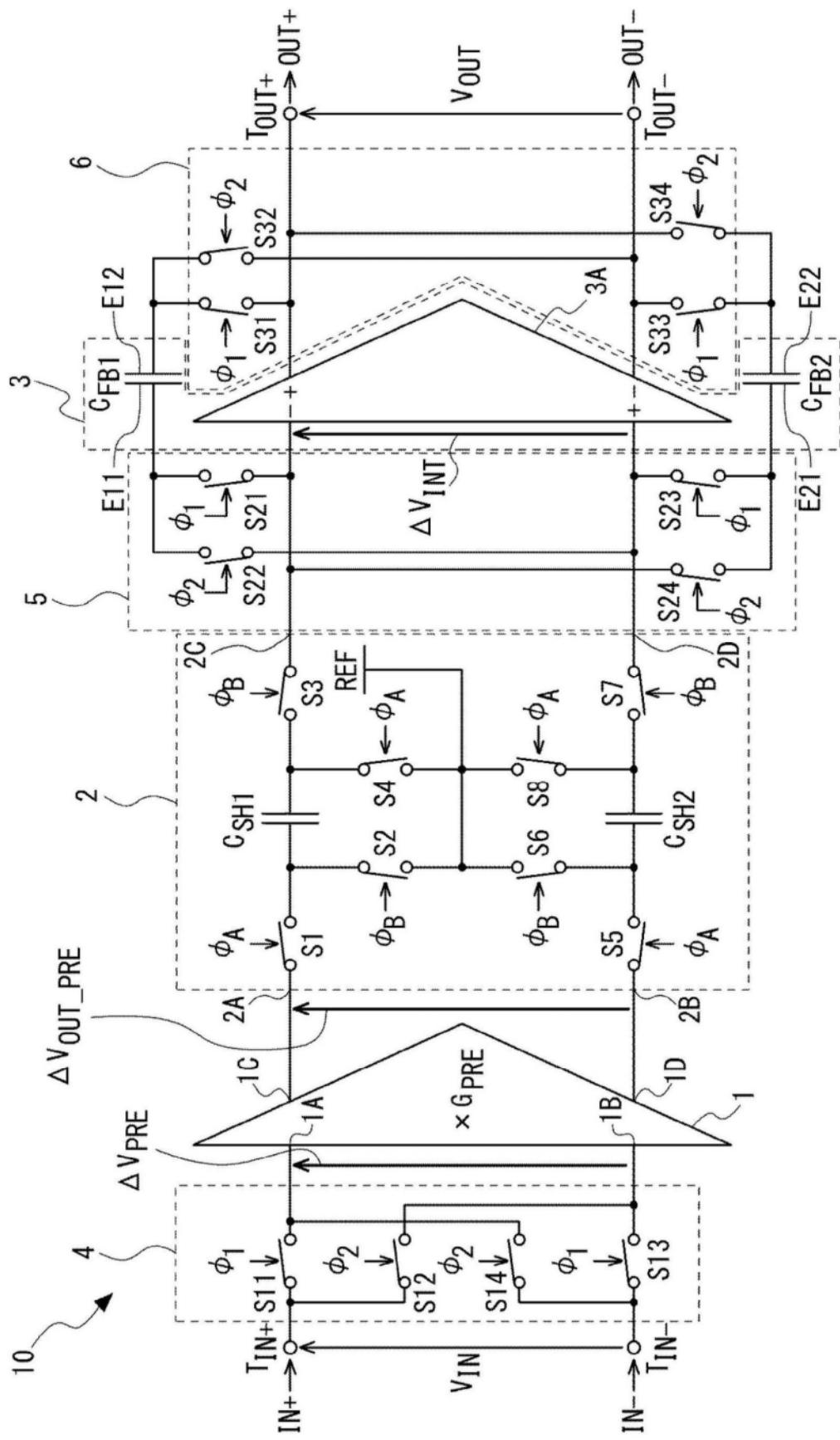


图7

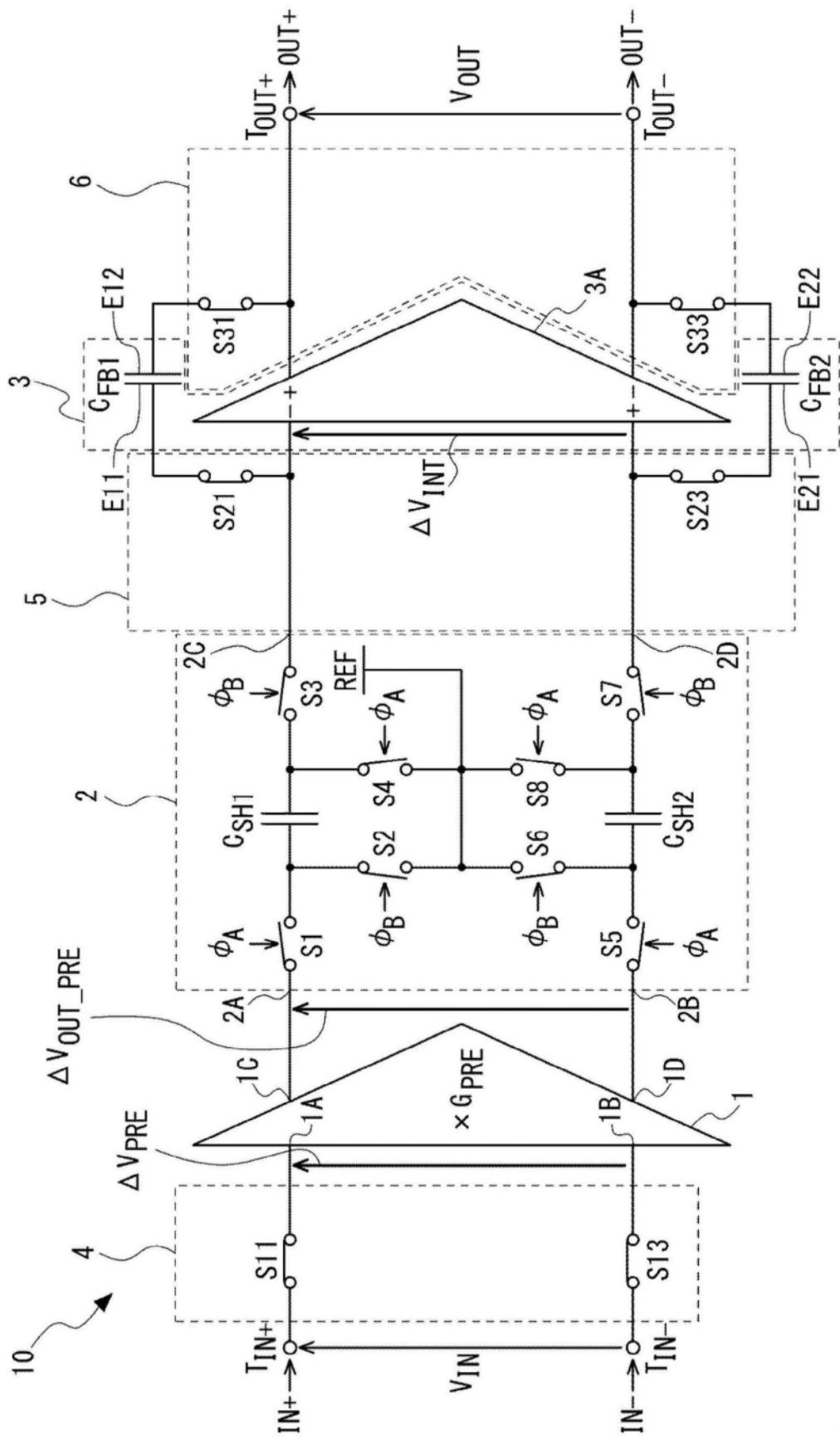


图8

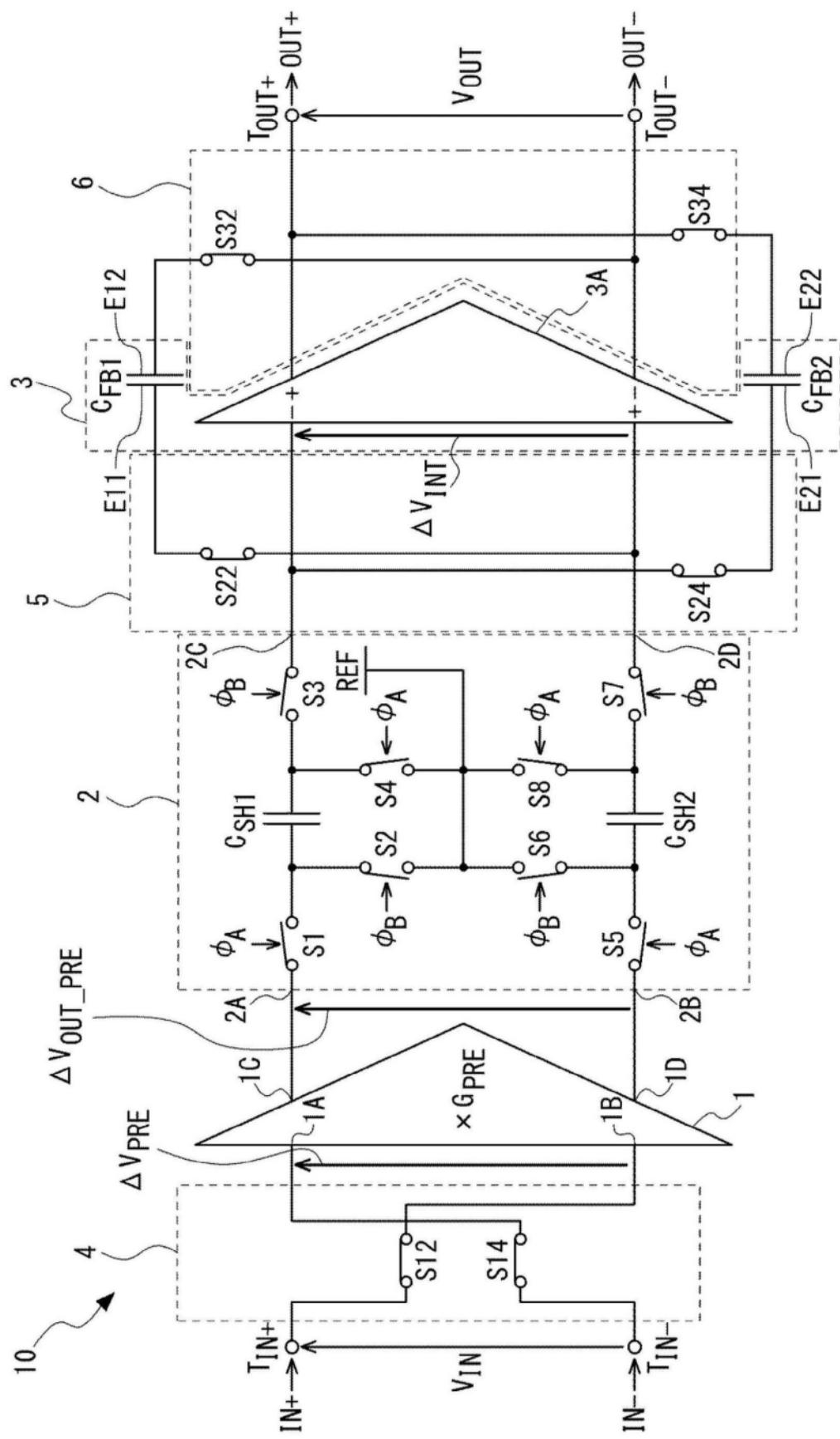


图9