



(45)授權公告日 2020.07.10

审查员 许文忠

[illegible]

1. 一种透镜驱动器电路,其包括:

音圈电机即VCM,所述VCM具有:线圈、透镜和主体结构;第一弹簧,其附接至所述线圈、透镜和主体结构;以及第一电流驱动器,其连接到所述线圈、透镜和主体结构中的线圈;

所述第一电流驱动器用于:驱动在第一方向上通过所述线圈的第一电流量,驱动在所述第一方向上流经所述线圈的第一电流量以生成致使所述线圈、透镜和主体结构从第一原位置朝向第一新位置移动的磁场;以及在驱动所述第一电流量之后的延迟时间驱动在所述第一方向上通过所述线圈的第二电流量,以使所述线圈、透镜和主体结构移到所述第一新位置;以及

连接到所述第一电流驱动器的控制器,所述控制器用于:确定在第一校准位置处的第一谐振频率;确定在第二校准位置处的第二谐振频率;以及根据所述第一新位置、所述第一校准位置处的所述第一谐振频率和所述第二校准位置处的所述第二谐振频率确定所述延迟时间。

2. 根据权利要求1所述的透镜驱动器电路,其中所述控制器通过以下方式确定所述第一校准位置处的所述第一谐振频率:形成对应于所述线圈、透镜和主体结构围绕所述第一校准位置的振荡的第一正弦电压;以及确定所述第一正弦电压的频率从而确定所述第一谐振频率。

3. 根据权利要求2所述的透镜驱动器电路,还包括放大和数字化电路,其测量当所述线圈、透镜和主体结构停止在中性位置时所述线圈两端的DC电压,以及测量当所述线圈、透镜和主体结构围绕所述第一校准位置振荡时所述线圈两端的DC偏置正弦电压。

4. 根据权利要求3所述的透镜驱动器电路,其中所述控制器从所述DC偏置正弦电压去除DC偏置电压以形成所述第一正弦电压。

5. 根据权利要求2所述的透镜驱动器电路,还包括放大和数字化电路,其测量当所述线圈、透镜和主体结构停止在中性位置时所述第一电流驱动器两端的DC电压,以及测量当所述线圈、透镜和主体结构围绕所述第一校准位置振荡时所述第一电流驱动器两端的DC偏置正弦电压。

6. 根据权利要求5所述的透镜驱动器电路,其中所述控制器从所述DC偏置正弦电压去除DC偏置电压以形成所述第一正弦电压。

7. 根据权利要求2所述的透镜驱动器电路,其中所述控制器通过以下方式确定所述第二校准位置处的所述第二谐振频率:形成对应于所述线圈、透镜和主体结构围绕所述第二校准位置的振荡的第二正弦电压;以及确定所述第二正弦电压的频率从而确定所述第二谐振频率。

8. 根据权利要求7所述的透镜驱动器电路,其中所述控制器通过以下方式确定所述延迟时间:使用所述第一校准位置处的所述第一谐振频率和所述第二校准位置处的所述第二谐振频率来限定线;根据所述线和所述新位置确定所述延迟时间。

9. 根据权利要求8所述的透镜驱动器电路,其中所述延迟时间等于在所述新位置处的新谐振频率的半周期。

10. 根据权利要求1所述的透镜驱动器电路,还包括连接到所述VCM的电源电路,所述电源电路包括:

降压转换器电路,其生成输出电压,所述输出电压具有在第一模式中的基本恒定的大

小,以及在第二模式中的可变大小,在所述第二模式中的所述输出电压的大小响应于正向电压控制信号而变化;以及

自适应电压控制电路,其连接至所述降压转换器电路,所述自适应电压控制电路响应于参考正向电压和所述第一电流驱动器两端的正向电压之间的差而输出所述正向电压控制信号。

11. 根据权利要求1所述的透镜驱动器电路,还包括连接到所述VCM的电源电路,所述电源电路包括:

降压转换器电路,其生成输出电压,所述输出电压具有在第一模式中的基本恒定的大小,以及在第二模式中的可变大小,在所述第二模式中的所述输出电压的大小响应于正向电压控制信号而变化;以及

自适应电压控制电路,其连接至所述降压转换器电路,所述自适应电压控制电路响应于参考正向电压和最小正向电压之间的差而输出所述正向电压控制信号,所述最小正向电压为多个电流驱动器两端的最低正向电压。

12. 根据权利要求1所述的透镜驱动器电路,其中所述线圈位于电源和所述第一电流驱动器之间并且连接至所述电源和所述第一电流驱动器。

13. 根据权利要求1所述的透镜驱动器电路,其中所述第一电流驱动器位于电源和所述线圈之间并连接至所述电源和所述线圈。

14. 根据权利要求1所述的透镜驱动器电路,还包括:

陀螺仪,其连接至所述控制器,所述陀螺仪基于哪个方向向下朝向地球中心而测量所述线圈、透镜和主体结构中的透镜的角运动,所述陀螺仪用于将表示所测量的角运动的陀螺仪字输出至所述控制器;以及

加速度计,其连接至所述控制器,所述加速度计用于测量非重力线性加速度,所述透镜位于能够沿着轴线移动来补偿相机运动的平面中,所述加速度计用于将表示所测量的线性运动的加速度字输出至所述控制器。

15. 根据权利要求14所述的透镜驱动器电路,其中所述VCM还包括:

X调节VCM,其附接至所述线圈、透镜和主体结构;以及

Y调节VCM,其附接至所述线圈、透镜和主体结构,其中所述控制器控制所述X调节VCM和所述Y调节VCM,以响应于所述新位置、所述陀螺仪字和所述加速度字来控制所述透镜的x-y位置。

16. 根据权利要求1所述的透镜驱动器电路,还包括:

第二弹簧,其附接至所述线圈、透镜和主体结构;

第二电流驱动器,其连接到所述线圈、透镜和主体结构中的所述线圈;

所述第二电流驱动器用于:驱动在第二方向上通过所述线圈的第一电流量,驱动在所述第二方向上流经所述线圈的所述第一电流量以生成致使所述线圈、透镜和主体结构从第二原位置朝向第二新位置移动的磁场;以及延迟时间后驱动在所述第二方向上通过所述线圈的第二电流量,从而大幅度减少所述线圈、透镜和主体结构围绕所述第二新位置的振荡。

17. 一种将结构从原位置移动到新位置的方法,所述方法包括:

确定延迟时间;

驱动通过线圈的第一电流量,所述线圈附接至所述结构,使得当所述线圈移动时,所述

结构移动等效距离,流经所述线圈的所述第一电流量生成致使所述线圈和所述结构从所述原位置朝向所述新位置移动的磁场;

在驱动所述第一电流量之后的延迟时间驱动通过所述线圈的第二电流量,从而大幅度减少所述结构围绕所述新位置的振荡;以及

基于以下确定所述延迟时间:

确定第一校准位置处的第一谐振频率;

确定第二校准位置处的第二谐振频率;以及

根据所述新位置、所述第一校准位置处的所述第一谐振频率和所述第二校准位置处的所述第二谐振频率确定所述延迟时间。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中所述延迟时间等于在所述新位置处的谐振频率的半周期。

## 具有振铃补偿的透镜驱动器电路

### 技术领域

[0001] 本申请大体涉及一种透镜驱动器电路,并且更具体地涉及一种具有振铃补偿的透镜驱动器电路。

### 背景技术

[0002] 音圈电机 (VCM) 是熟知的结构,其包括主体、附接至主体的线圈和围绕线圈的永磁体。通过使电流穿过线圈来操作VCM。穿过线圈的电流生成磁场,该磁场与来自永磁体的磁场发生作用(react)以移动线圈和主体。

[0003] VCM起初作为驱动扬声器锥体的装置被开发,该扬声器锥体用作VCM的主体。当表示音频波形的电流穿过线圈时,所得的电流生成的磁场与来自永磁体的磁场发生作用以移动扬声器锥体,这继而生成再现原始声音的声压波。

[0004] 原始VCM的一个熟知变型是包括附接至主体的弹簧。当使用弹簧时,电流能够穿过线圈,使得发生作用的磁场移动线圈和主体移动以压缩弹簧,其中线圈和主体的位置通过平衡磁力和弹簧力来确定。在压缩的弹簧中储存的能量然后能够用于使线圈和主体返回到先前位置,从而节省能量。

[0005] 基于弹簧的VCM常用于低功率电子应用中。例如,在紧凑型相机应用诸如在智能电话中使用的紧凑型相机模块中,穿过线圈的电流的大小能够增量式地增加。电流的增量式增加致使线圈和主体将附接至VCM主体的透镜增量式地移动和步进(step)通过若干焦点位置,以找到透镜的对焦位置。包括线圈、透镜和主体的组合结构的移动压缩弹簧,其然后用于使组合的线圈、透镜和主体结构返回到先前位置。

[0006] 使用基于弹簧的相机VCM来将透镜移动通过若干焦点位置的一个问题是,当线圈、透镜和主体结构到达期望位置时,移动结构的动量致使弹簧并且由此致使连接到弹簧的线圈、透镜和主体结构在期望位置处停止之前围绕期望位置振荡一段时间。围绕期望位置的该振荡通常称为振铃。

[0007] 当透镜必须在很短的时间段内步进通过若干位置时,振荡或振铃停止所需的时间能够显著增加找到透镜的对焦位置的所需的时间。

### 发明内容

[0008] 在所描述的示例中,具有振铃补偿的透镜驱动器电路包括音圈电机(VCM)。VCM具有线圈、透镜和主体结构,以及附接至线圈、透镜和主体结构的弹簧。另外,VCM具有连接到线圈、透镜和主体结构中的线圈的电流驱动器。电流驱动器驱动第一电流量通过线圈。流经线圈的第一电流量生成致使线圈、透镜和主体结构从原位置朝向新位置移动的磁场。电流驱动器在驱动第一电流量之后的延迟时间进一步驱动通过线圈的第二电流量,以使线圈、透镜和主体结构以新位置为中心,并大幅度(substantially)减少线圈、透镜和主体结构围绕第一新位置的振荡。

[0009] 在一种将结构从原位置移动到新位置的方法中,该方法包括确定延迟时间以及驱

动通过线圈的第一电流量。线圈附接至所述结构,使得当线圈移动时,所述结构移动等效距离。流经线圈的第一电流量生成致使线圈和结构从原位置朝向新位置移动的磁场。该方法还包括在驱动第一电流量之后的延迟时间驱动通过线圈的第二电流量,从而大幅度减少结构围绕新位置的振荡。

### 附图说明

- [0010] 图1为根据示例实施例的透镜驱动器电路100的框图。
- [0011] 图2为根据另选实施例的透镜驱动器电路200的示例的框图。
- [0012] 图3为根据另选实施例的透镜驱动器电路300的示例的框图。
- [0013] 图4为根据另选实施例的透镜驱动器电路400的示例的框图。
- [0014] 图5为根据另选实施例的透镜驱动器电路500的示例的框图。

### 具体实施方式

[0015] 图1示出根据示例实施例的透镜驱动器电路100的框图。如下面更详细地描述的,透镜驱动器电路100以两步将透镜从任何原位置移动到任何新位置,其中第二步在第一步之后的延迟时间发生。在该示例中,延迟时间等于在新位置处的谐振频率的周期的一半。透镜驱动器电路100还确定在若干校准位置处的谐振频率,使得能够针对每个位置确定谐振频率。

[0016] 如图1所示,透镜驱动器电路100包括常规相机音圈电机 (VCM) 110。相机VCM 100包括线圈112、透镜114和附接至线圈112和透镜114的主体116,以形成线圈、透镜和主体结构118,其中线圈112的移动使透镜114和主体116移动等效距离。

[0017] 相机VCM 110还包括附接至主体116的弹簧120和围绕线圈112的永磁体122。另外,相机VCM 110包括连接到线圈112的电流驱动器124。电流驱动器124包括将数字控制字转换为模拟电压的数字-模拟 (D/A) 转换器。

[0018] 在操作中,电流驱动器124响应于电流控制字CCW吸收 (sink) 电流,该电流控制字CCW限定待被吸收的电流的大小。穿过线圈112的电流生成与来自永磁体122的磁场发生作用的磁场以移动线圈、透镜和主体结构118。线圈、透镜和主体118的移动压缩弹簧120,其中线圈、透镜和主体结构118的位置通过平衡磁力和弹簧力来确定。

[0019] 连接到主体116的弹簧120的端部能够从中性 (未被压缩和未被拉伸) 位置移动最大距离到完全压缩位置。弹簧120还具有从中性位置朝向完全压缩位置到端部位置测量的可用距离。小于最大距离的可用距离允许在主体116不撞击完全压缩位置的情况下在端部位置处的振荡。在该示例中,使用300um的可用距离。

[0020] 可用距离被划分成若干位置,其包括若干搜索位置。相机制造商通常指定透镜必须在每个相邻的搜索位置对之间移动多远。例如,相机制造商常常指定透镜114必须以30um的增量从一个搜索位置可移动到下一个搜索位置。

[0021] 在该示例中,可用距离被划分成1000个位置,其包括间隔30um的10个搜索位置。因为在该示例中可用范围为300um,所以透镜114具有距中性位置 (0um) 的10个不同搜索位置 (例如,30um、60um、90um、120um、150um、180um、210um、240um、270um和300um)。

[0022] 另外,电流驱动器124具有将线圈、透镜和主体结构118从中性位置移动可用距离

到端部位置所需的最大电流。在该示例中,100mA的最大电流用于将线圈、透镜和主体结构118移动300 $\mu$ m的可用距离。

[0023] 另外,许多常规相机VCM具有启动电流要求,其为在线圈、透镜和主体结构将移动任何距离之前所需的最小电流。在该示例中,相机VCM 110具有25mA的启动电流要求,这意味着线圈、透镜和主体结构118不响应于25mA而移动,而是响应于25.1mA而移动。因为在本示例中最大电流为100mA且启动电流要求为25mA,所以本示例具有75mA的可用电流来移动线圈、透镜和主体结构118。

[0024] 另外,电流的线性增加导致线圈、透镜和主体结构118的基本线性移动。因此,将线圈、透镜和主体结构118从一个位置移动到下一个位置所需的电流增加对每个相邻位置而言是基本上相同的。

[0025] 在该示例中,因为线圈、透镜和主体结构118从0(中性位置)移动到10个不同搜索位置,并且因为存在可用于移动线圈、透镜和主体结构118的75mA的电流,则线圈、透镜和主体结构118需要电流增加7.5mA以将线圈、透镜和主体结构118从一个搜索位置移动到下一个搜索位置。

[0026] 透镜驱动器电路100另外包括图像传感器130诸如CMOS传感器或电荷耦合器件(CCD),以及主机132。图像传感器130将来自图像的穿过透镜114的光转换成电信号。线圈、透镜和主体结构118中的透镜114通过位置的移动改变图像在图像传感器130上的聚焦。主机132比较来自若干不同位置处的图像的电信号,以搜索提供图像最佳聚焦的位置。

[0027] 透镜驱动器电路100另外包括连接到线圈112的端部的差分放大器140、连接到差分放大器140的差分模拟-数字(A/D)转换器142,以及连接到差分A/D转换器142的采样时钟电路144。差分放大器140放大线圈112两端的电压,而差分A/D转换器142以由采样时钟电路144输出的采样时钟信号VSAM限定的速率将放大的电压数字化。

[0028] 如图1中进一步所示,透镜驱动器电路100包括存储器150和控制器152,该控制器152连接到电流驱动器124、主机132和存储器150。控制器152从主机132接收主机控制字HCM,并且作为响应,将电流控制字CCW输出到电流驱动器124以控制线圈、透镜和主体结构118的移动。主机控制字HCW具有限定若干不同主机控制字HCW的若干位。例如,主机控制字HCW能够包括开始校准例程(routine)的校准字和识别具体位置的位置字。

[0029] 电流控制字CCW具有限定若干不同电流控制字CCW的若干位。(每个电流控制字CCW限定待由电流驱动器124吸收的电流的大小)。在该示例中,电流控制字CCW具有10个位,其限定1024个不同电流控制字,其中1000个电流控制字在该示例中用于表示1000个位置。

[0030] 因为1000个电流控制字CCW和1000个位置在该示例中用于指定100mA的电流,所以每个连续的电流控制字CCW从先前的电流控制字CCW将位置增加1,并且将电流增加0.1mA。因此,使电流增加0.1mA超过启动电流将线圈、透镜和主体结构118从一个位置移动到下一个位置。

[0031] 在操作中,通过将透镜114从原位置移动到新位置所需的电流分成两部分,线圈、透镜和主体结构118以两步从原位置移动到新位置。换句话说,通过电流驱动器124经由线圈112吸收的电流增加第一电流量。流经线圈112的第一电流量生成与来自永磁体122的磁场发生作用的磁场,从而将线圈、透镜和主体结构118从原位置朝向新位置移动。在一段时间后,电流增加第二电流量,以使线圈、透镜和主体结构118以新位置为中心,并大幅度减少

线圈、透镜和主体结构118围绕新位置的振荡。

[0032] 当在10ms内振荡 $\leq 3\mu\text{m}$ 时,线圈、透镜和主体结构118围绕新位置的振荡被限定为大幅度减少。相机制造商常指定透镜114必须是以 $30\mu\text{m}$ 的增量从原搜索位置可移动到新搜索位置,并且在10ms内围绕新搜索位置的振荡必须 $\leq 3\mu\text{m}$ 。

[0033] 第一电流量和第二电流量的和等于以一步将线圈、透镜和主体结构118从原位置移动到新位置所需的总电流。然而,通过将所需的电流分成两个部分,能够大幅度减少由于弹簧120的作用而引起的线圈、透镜和主体结构118的振荡或振铃。

[0034] 第一电流量和第二电流量的最佳大小取决于若干因素,包括弹簧构造、线圈、透镜和主体结构118的重量,以及引导线圈、透镜和主体结构118移动的结构。利用适当的这些因素连同第二电流量的定时一起,通过测量与第一电流量和第二电流量的不同组合相关联的振铃能够以实验方法确定第一电流量和第二电流量的最佳大小。

[0035] 在该示例中,响应于 $7.5\text{mA}$ ,线圈、透镜和主体结构118从一个搜索位置移动 $30\mu\text{m}$ 的距离到下一个搜索位置。因此,每个 $0.25\text{mA}$ 将线圈、透镜和主体结构118移动 $1\mu\text{m}$ 的距离。另外在该示例中,为了从一个搜索位置移动到下一个搜索位置, $6.5\text{mA}$ 用于第一电流量,其使线圈、透镜和主体结构118移动 $26\mu\text{m}$ 的距离(排除振铃),并且 $1.0\text{mA}$ 用于第二电流量,其使线圈、透镜和主体结构118移动 $4\mu\text{m}$ 的距离,总共 $7.5\text{mA}$ 移动 $30\mu\text{m}$ 的距离。

[0036] 下面的表1总结了在本示例中用于步进通过搜索位置中的每一个的值

[0037] 表1

	电流控制字/位置	电流阶跃	总电流	搜索位置	移动的距离
	250		$25\text{mA}$	0	0
步 1	315	$6.5\text{mA}$	$31.5\text{mA}$		$26\mu\text{m}$
步 2	325	$1\text{mA}$	$32.5\text{mA}$	1	$30\mu\text{m}$



[0039]

步 1	390	6.5mA	39mA		56um
步 2	400	1mA	40mA	2	60um
步 1	465	6.5mA	46.5mA		86um
步 2	475	1mA	47.5mA	3	90um
步 1	540	6.5mA	54mA		116um
步 2	550	1mA	55mA	4	120um
步 1	615	6.5mA	61.5mA		146um
步 2	625	1mA	62.5mA	5	150um
步 1	690	6.5mA	69mA		176um
步 2	700	1mA	70mA	6	180um
步 1	765	6.5mA	76.5mA		206um
步 2	775	1mA	77.5mA	7	210um
步 1	840	6.5mA	84mA		236um
步 2	850	1mA	85mA	8	240um
步 1	915	6.5mA	91.5mA		266um
步 2	925	1mA	92.5mA	9	270um
步 1	990	6.5mA	99mA		296um
步 2	1000	1mA	100mA	10	300um

[0040] 当线圈、透镜和主体结构118从原位置移动到新位置时,在第一电流量之后的延迟时间后施加第二电流量。在该示例中,当以一步将线圈、透镜和主体结构118从原位置移动到新位置时,延迟时间等于存在于新位置的谐振频率的周期的一半。

[0041] 延迟时间后施加第二电流量大幅度减少在新位置处的振铃量。这是因为弹簧120的作用以及线圈、透镜和主体结构118从原位置移动的动量致使线圈、透镜和主体结构118移动经过新位置到外部位置,其中线圈、透镜和主体结构118减速且暂时地停止。当线圈、透镜和主体结构118移动经过新位置到外部位置时,弹簧120储存能量。

[0042] 在暂时停止之后,线圈、透镜和主体结构118朝向新位置移动返回,同时释放所储存的能量。刚好在线圈、透镜和主体结构118到达新位置之前施加第二电流量,在该示例中新位置为在稍后的新位置处的谐振频率的周期的一半。第二电流量中的能量基本上抵消了弹簧120中剩余的储存能量,并且使线圈、透镜和主体结构118以新位置为中心,极少有围绕新位置的振荡。

[0043] 控制器152根据新位置、第一校准位置处的第一谐振频率和第二校准位置处的第二谐振频率确定延迟时间。控制器152使用在校准例程期间收集的信息来确定第一校准位置的谐振频率和第二校准位置的谐振频率。控制器152响应于来自主机132的校准字启动校准例程。

[0044] 在校准例程中,控制器152首先确定位于可用范围的大约25%和75%的两个校准位置的谐振频率。在该示例中,为60um或可用范围的20%的位置2用作第一校准位置,并且

为210um或可用范围的70%的位置7用作第二校准位置。

[0045] 当弹簧120处于中性位置且线圈、透镜和主体结构118不移动时,通过首先测量位于线圈112两端的静态电压(stationary voltage)来确定校准位置的谐振频率。线圈112两端的电压由差分放大器140放大,由差分A/D转换器142数字化,并提供给控制器152,该控制器152将静态电压的值存储在存储器150中。

[0046] 在已经确定静态电压之后,控制器152将电流控制字CCW输出到电流驱动器124,该电流驱动器124以单步将线圈、透镜和主体结构118从中性位置移动到第一校准位置。在该示例中,控制器152将电流控制字CCW输出到电流驱动器124,该电流驱动器124以单步将线圈、透镜和主体结构118从位置0(中性位置)移动到搜索位置2(第一校准位置)。在该示例中,电流控制字CCW命令电流驱动器124吸收40mA,以将线圈、透镜和主体结构118从位置0移动到在可用距离的60um处的位置400(搜索位置2/第一校准位置)。

[0047] 在第一校准位置中,放大器140放大位于线圈112两端的DC偏置正弦电压。当线圈112以单步移动到第一校准位置时,线圈、透镜和主体结构118由于弹簧120的机械作用以及线圈、透镜和主体结构118的动量而围绕第一校准位置振荡。当线圈、透镜和主体结构118振荡时,线圈112在永磁体122的磁场内来回移动。

[0048] 移动到磁场中的线圈感应线圈两端的电压,并且进入和离开磁场振荡的线圈感应与线圈的移动匹配的正弦电压。因为弹簧具有阻尼运动(弹簧将最终停止移动),所以在线圈两端感应的正弦电压具有衰减的正弦波形。因为存在静态电压,所以DC偏置正弦电压引起正弦电压取决于静态电压的情况。

[0049] 由放大器140放大的线圈112两端的DC偏置正弦电压接下来通过差分A/D转换器142以采样频率转换成一系列数字值,然后提供给控制器152。采样频率由采样时钟电路144输出的采样时钟信号VSAM的频率限定。在该示例中,使用40KHz的采样频率,其产生25uS的周期。

[0050] 在接收表示线圈112两端的DC偏置正弦电压的一系列数字值之后,控制器152从DC偏置正弦电压中去除静态电压分量,这形成对应于线圈、透镜和主体结构118围绕第一校准位置振荡的数字化正弦电压。

[0051] 一旦数字化正弦电压已经形成,控制器152就确定数字化正弦电压的频率以确定第一校准位置处的谐振频率。当线圈、透镜和主体结构118围绕第一校准位置振荡时,数字化正弦电压的频率与线圈、透镜和主体结构118的谐振频率相同。数字化正弦电压的频率能够通过检测数字化正弦电压的过零点来确定。

[0052] 两个连续过零之间的采样是在波长的一半上进行采样,而在三个连续过零或两个连续峰之间的采样是在一个波长上进行采样。另选地,能够使用常规自相关算法用于从数字化正弦电压提取谐振频率,该自相关算法是从时域样本识别周期信号的方法。在已经为第一校准位置确定了数字化正弦电压的谐振频率之后,谐振频率被存储在存储器150中。

[0053] 在该示例中,在第一校准位置在搜索位置2(60um)处的情况下,如果800个采样时钟脉冲(每个脉冲具有25uS的周期)发生在数字化正弦电压的一个周期内,则数字化正弦电压具有等于 $800 \times 25\mu\text{S} = 20\text{ms}$ 的周期。20ms的倒数产生等于50Hz的谐振频率。

[0054] 线圈、透镜和主体结构118接下来返回到中性位置,然后再次移动到第一校准位置,使得能够确定在第一校准位置处的谐振频率的第二测量。该过程重复几次,并且对于第

一校准位置计算谐振频率的平均测量。在该示例中,在第一校准位置处的谐振频率被确定五次,并且平均值被用于在搜索位置2处的第一校准位置。

[0055] 在已经确定了第一校准位置的平均谐振频率值之后,控制器152将电流控制字CCW输出到电流驱动器124,该电流驱动器124以单步将线圈、透镜和主体结构118从中性位置移动到第二校准位置。

[0056] 在该示例中,控制器152将电流控制字CCW输出到电流驱动器124,该电流驱动器124以单步将线圈、透镜和主体结构118从位置0(中性位置)移动到搜索位置7(第二校准位置)。在该示例中,电流控制字CCW命令电流驱动器124吸收77.5mA,以将线圈、透镜和主体结构118从位置0移动到在可用距离的210 $\mu$ m处的位置775(搜索位置7/第二校准位置)。

[0057] 然后,以与第一校准位置相同的方式放大和数字化在第二校准位置处的DC偏置正弦电压。控制器152从DC偏置正弦电压中去除静态电压分量,这形成对应于线圈、透镜和主体结构118围绕第二校准位置振荡的数字化正弦电压。在已经形成数字化正弦电压之后,控制器152确定数字化正弦电压的频率以确定在第二校准位置处的谐振频率。

[0058] 当线圈、透镜和主体结构118围绕第二校准位置振荡时,数字化正弦电压的频率与线圈、透镜和主体结构118的谐振频率相同。数字化正弦电压的频率能够以与确定第一校准位置的频率相同的方式被确定,例如通过检测数字化正弦电压的过零点或使用自相关。

[0059] 在该示例中,在第二校准位置在搜索位置7(210 $\mu$ m)处的情况下,如果667个采样时钟脉冲(每个脉冲具有25 $\mu$ s的周期)发生在正弦电压的一个周期内(峰-峰或三个连续过零),则正弦电压具有等于 $667 \times 25 \mu\text{s} = 16.675 \text{ms}$ 的周期。16.67ms的倒数产生等于60Hz的谐振频率。

[0060] 在已经确定了两个校准位置的谐振频率之后,控制器152能够确定每个剩余位置的谐振频率。这然后允许控制器152确定每个位置的半周期时间,该时间在该示例中为施加第二电流量的时间。

[0061] 线圈112、透镜114和主体116的机械振荡的谐振频率从中性位置到端部位置是近似线性的。因此,第一校准位置处的谐振频率和第二校准位置处的谐振频率能够用于限定线。

[0062] 谐振频率的周期和半周期是谐振频率的固有特性。因此,使用校准位置处的谐振频率限定线也意味着使用校准位置处的谐振频率的周期或半周期来限定线。

[0063] 在已经形成线之后,控制器152根据线和新位置确定延迟时间。在图形上下文中,其中x轴为位置,并且y轴为谐振频率,在新位置处的谐振频率能够通过确定新位置在何处与线相交来识别。

[0064] 为了限定线,线的斜率m首先用方程EQ.1确定:

[0065] EQ.1  $m = (Y_a - Y_b) / (X_a - X_b)$

[0066] 代入以上示例的数字,其中 $Y_a = 60 \text{Hz}$ ,  $Y_b = 50 \text{Hz}$ ,  $X_a = 210 \mu\text{m}$ , 并且  $X_b = 60 \mu\text{m}$ , 得出:  $(60 - 50) / (210 - 60)$  或者  $m = 0.067$  (斜率是无量纲的)。

[0067] 在已经确定斜率之后,线用方程EQ.2确定,

[0068] EQ.2  $Y - Y_a = m(X - X_a)$

[0069] 代入以上示例的数字得出:  $Y - 60 = -0.067(X - 210 \mu\text{m})$  或者  $Y = -0.067(X) + 46$  或者在135 $\mu$ m处的55Hz。

[0070] 然后从线(方程)和新位置确定延迟时间。例如,然后剩余的998个位置能够输入到线方程EQ.2中以确定剩余的998个位置的谐振频率。在已经确定每个位置的谐振频率值之后,能够确定每个位置的周期和半周期。(周期为频率的倒数,并且半周期为周期的一半)。此后,然后每个位置的半周期时间(其在该示例中为在施加第二电流量之前的延迟时间)能够在查找表(LUT)中存储在存储器150中。

[0071] 下面的表2示出针对搜索位置中的每个的谐振频率、周期时间和半周期时间。

[0072] 表2

[0073]

电流控制字/位置	开始的搜索位置	谐振频率	周期	半周期
325	1-30um	48Hz	20.8ms	10.4ms
400	2-60um	50Hz	20.0ms	10.0ms
475	3-90um	52Hz	19.2ms	9.6ms
550	4-120um	54Hz	18.5ms	9.3ms
625	5-150um	56Hz	17.9ms	8.9ms
700	6-180um	58Hz	17.2ms	8.6ms
775	7-210um	60Hz	16.7ms	8.3ms
850	8-240um	62Hz	16.1ms	8.0ms
925	9-270um	64Hz	15.6ms	7.8ms
1000	10-300um	66Hz	15.2ms	7.6ms

[0074] 不是使用方程EQ.2来直接计算位置的谐振频率,之后进行用于确定位置的周期和半周期时间的较小(minor)计算,然后将每个位置的半周期时间存储在存储器150中的LUT中,每当需要半周期时间时,控制器152能够根据线和新位置交替地计算半周期时间。

[0075] 每当需要位置的半周期时间 $T/2$ 时,方程EQ.3、EQ.4、EQ.5和EQ.6能够用来根据线和新位置计算位置的半周期时间 $T/2$ 。

[0076] EQ.3  $f\_CAL2 = 40,000 (f2 - f1) (256) / (f1) (f2) (val2 - val1)$

[0077] EQ.4  $f\_CAL1 = (10,000 / f1) + (val1 * f\_CAL2 / 1024)$

[0078] EQ.5  $P = (f\_CAL1 - ((X/4) * f\_CAL2 / 256)) * 2$

[0079] EQ.6  $T/2 = P * T\_SAM$

[0080] 其中 $val1$ 和 $val2$ 为两个校准位置, $f1$ 和 $f2$ 为两个校准位置的谐振频率, $T\_SAM$ 为采样频率的周期(例如,用于40kHz采样频率的25us),且 $X$ 为待确定半周期时间 $T/2$ 的新位置。

[0081] 在没有浮点单元的情况下,由微控制器做除法的最有效方式是使用2的幂的除数(2、4、8、16、32...),因为这能够通过将值向右移位实现,而不是使用做除法的长码。在方程EQ.3、EQ.4和EQ.5中的常数256、10000和40000需要执行移位。方程EQ.3、EQ.4和EQ.5提供在代码中非常有效的计算。

[0082] 在该示例中,半周期时间识别在已经施加第一电流量之后施加第二电流量的时间。如果使用LUT,则每个位置的半周期时间的确定结束校准例程。如果使用方程EQ.3、EQ.4和EQ.5作为替代,则校准例程以确定在两个校准位置处的谐振频率结束,这是解出方程EQ.5所必要的信息。校准例程能够如所期望那样频繁或不频繁地执行以补偿改变的因素诸如寿命和温度。

[0083] 在校准例程已经完成之后,透镜驱动器电路100准备确定对焦位置。若干常规聚焦

例程中的任何一个能够用于确定对焦位置。例如,主机132能够通过一系列位置字命令控制器152来使线圈、透镜和主体结构118增量式地步进通过每个搜索位置,直到在两个搜索位置之间已经识别出对焦位置。

[0084] 当线圈、透镜和主体结构118增量式地步进通过搜索位置时,图像聚焦逐渐变得更好,然后逐渐变得更差。因此,能够通过识别其中图像聚焦从变得更好到变得更差的两个搜索位置来检测对焦位置。

[0085] 在已经在两个搜索位置之间识别出对焦位置之后,然后线圈、透镜和主体结构118能够以较小步长诸如3 $\mu$ m步进返回通过位于两个搜索位置之间的若干中间位置,直到图像聚焦从变得更好到变得更差。

[0086] 在已经在两个中间位置之间识别出对焦位置之后,然后线圈、透镜和主体结构118能够以较小步长诸如1 $\mu$ m步进向前通过若干焦点位置,直到识别出最佳对焦位置。然后线圈、透镜和主体结构118能够步进至最佳对焦位置。

[0087] 每次线圈、透镜和主体结构118从任何位置移动到任何其他位置时,所述移动利用第一电流量和延迟时间后的第二电流量以两步发生,其中在该示例中延迟等于谐振频率的周期的一半。

[0088] 当主机132将识别新位置的位置字输出到控制器152时,控制器152确定识别待输出的第一电流量的电流控制字CCW,识别待输出的第二电流量的电流控制字CCW以及半周期时间,在该示例中,所述半周期时间是施加第一电流量和第二电流量的时间之间的延迟。

[0089] 在该示例中,如果主机132命令控制器152将线圈、透镜和主体结构118从位置550(搜索位置4)移动到位置625(搜索位置5),则控制器152确定首先输出电流控制字615(其中电流控制字615识别第一电流量),且然后在9.3ms延迟之后,接下来输出电流控制字625(其中电流控制字625识别第二电流量)。

[0090] 在将位置字输出到控制器152之后,主机132等待预定的时间段。在预定时间段之后,主机132捕获并分析来自图像传感器130的电信号,以确定在对应于位置字的位置处捕获的图像的聚焦质量。

[0091] 如图1另外所示,透镜驱动器电路100还包括连接到线圈112的电源160,使得线圈112位于电源160和电流驱动器124之间并且连接到电源160和电流驱动器124。电源160生成输出电压VOUT。在该示例中,电源160包括降压转换器电路162和连接到降压转换器电路162的自适应功率控制电路164。

[0092] 降压转换器电路162能够以多种不同的方式实现。在该示例中,降压转换器电路162包括具有漏极、源极和栅极的NMOS晶体管170。NMOS晶体管170的漏极连接到未经调节的源172。

[0093] 降压转换器电路162还包括连接到输出节点OUT和NMOS晶体管170的源极的电感器174,以及连接到电感器174和输出节点OUT的电容器176。另外,降压转换器162包括连接到NMOS晶体管170的栅极、输出节点OUT和参考电压源180的脉冲宽度调制器(PWM)电路178。在该示例中,自适应功率控制电路164包括正向电压数字-模拟转换器(VDAC) 182和连接到VDAC 182和PWM电路178的正向电压电路184。

[0094] 控制器152使得降压转换器电路162和自适应功率控制电路164能够以两个模式即恒定电压模式和自适应电压模式中的一个进行操作。在该示例中,控制器152在校准例程期

间将降压转换器电路162和自适应功率控制电路164设定成恒定电压模式,并且当主机132搜索对焦位置时将降压转换器电路162和自适应功率控制电路164设定成自适应电压模式。

[0095] 当在恒定电压模式下操作时,降压转换器电路162生成具有基本恒定大小的输出电压VOUT。PWM电路178将开-关信号VSIG输出到NMOS晶体管170的栅极,以使NMOS晶体管170接通和关断。PWM电路178还将在输出节点OUT处的输出电压VOUT与来自参考电压源180的参考电压VREF进行比较。然后,PWM电路178响应于该比较来调节开-关信号VSIG的占空比,使得输出电压VOUT与参考电压VREF匹配。

[0096] 当在自适应电压模式下操作时,降压转换器电路162生成具有响应于正向电压控制信号VSF而变化的可变大小的输出电压VOUT。自适应功率控制电路164响应于参考正向电压VS和电流驱动器124两端的正向电压VF之间的差生成正向电压控制信号VSF。

[0097] 电流驱动器(汇(sink)或源(source))需要在驱动晶体管上的正向电压以能够控制恒定电流。正向电压取决于设计和设定电流(NMOS/PMOS),但通常 $<0.1V$ 。在该示例中,控制器152将正向电压字输出至VDAC 182,该VDAC 182输出参考正向电压VS(例如,0.1V)。

[0098] 正向电压电路184将由VDAC 182输出的参考正向电压VS与由电流驱动器124输出的实际驱动器正向电压VF进行比较,并将正向电压控制信号VSF输出至PWM电路178。正向电压控制信号VSF被馈送到PWM电路178的降压反馈回路(而不是反馈引脚)。

[0099] PWM电路178响应于正向电压控制信号VSF调节开/关信号VSIG的定时。现在,当由电流驱动器124吸收的电流改变时,其改变驱动器的正向电压,并且影响反馈回路,从而改变来自降压转换器电路162的输出电压VOUT。因此,输出电压VOUT由电流驱动器124控制,电流驱动器124继而由控制器152输出的电流控制字CCW控制。

[0100] VCM可以被认为电阻负载。因此,例如,当电流驱动器吸收50mA时,10欧姆VCM需要0.5V的输出电压。从电池( $\sim 3.7V$ )驱动其是非常低效的( $\sim 40\%$ ),因为驱动器中存在大的电压降(2.2V,150mA)。

[0101] 自适应功率控制电路164遵循驱动器净空(headroom)电压,因此自动地将所需要的输出电压控制到最佳值。例如,对于10欧姆VCM,当电流驱动器吸收50mA时,仅需要0.6V( $0.1V+0.5V$ )的输出电压VOUT,并且当电流上升到75mA时,输出电压VOUT上升到0.85V。

[0102] 该控制是反馈到PWM电路178的模拟电压,并且不直接地受输出到电流驱动器124的电流控制字CCW的影响。这允许PWM电路178跟踪驱动器的最小正向电压要求,因此跟踪驱动负载所需要的最大电压,从而优化功率效率。控制回路是自动的。因此,当启用时,控制回路跟踪驱动器电压,并且控制器/用户干预是不必要的。当电流控制字CCW改变时,电流改变,其改变VCM两端的电压和驱动器的正向电压,其然后改变从电源电路160输出的输出电压VOUT。使用自适应功率控制电路164显著改善功率效率。

[0103] 图2示出根据另选实施例的透镜驱动器电路200的示例的框图。透镜驱动器电路200类似于透镜驱动器电路100,因此,使用相同的附图标记来指代两个电路共有的结构。

[0104] 如图2所示,透镜驱动器电路200与透镜驱动器电路100不同,因为透镜驱动器电路200分别使用放大器210和A/D转换器212而不是差分放大器140和差分A/D转换器142来测量电流驱动器124两端的电压。

[0105] 位于线圈112两端的DC偏置正弦电压也位于电流驱动器124两端。因此,不是测量线圈112两端的DC偏置正弦电压,而是能够任选地测量电流驱动器124两端的DC偏置正弦电

压。由A/D转换器212输出的数字化DC偏置正弦电压由控制器152处理,从而以与由差分A/D转换器142输出的数字化DC偏置正弦电压相同的方式确定谐振频率。透镜驱动器电路200以其他方式与透镜驱动器电路100一样操作。

[0106] 图3示出根据另选实施例的透镜驱动器电路300的示例的框图。透镜驱动器电路300类似于透镜驱动器电路100,因此,使用相同的附图标记来指代两个电路共有的结构。

[0107] 如图3所示,透镜驱动器电路300与透镜驱动器电路100不同,因为透镜驱动器电路300使用电流驱动器310而不是电流驱动器124。电流驱动器310与电流驱动器124相同,不同的是电流驱动器310源出(source)电流,并位于线圈112和电源160之间并附接至线圈112和电源160。

[0108] 透镜驱动器电路300还与透镜驱动器电路100不同,因为透镜驱动器电路300的差分放大器140连接在电流驱动器310两端。另选地,透镜驱动器电路300的差分放大器140能够按照如图1所示的相同的方式连接在线圈112两端。透镜驱动器电路300以其他方式与透镜驱动器电路100一样操作。

[0109] 图4示出根据另选实施例的透镜驱动器电路400的示例的框图。透镜驱动器电路400类似于透镜驱动器电路100,因此,使用相同的附图标记来指代两个电路共有的结构。

[0110] 如图4所示,透镜驱动器电路400与透镜驱动器电路100不同,因为透镜驱动器电路400使用VCM 410而不是VCM 110。VCM 410与VCM 110相同,不同的是VCM 410还包括连接到线圈、透镜和主体118以及控制器152的X调节VCM 412和Y调节VCM 414。X调节VCM 412和Y调节VCM 414能够各自均利用常规VCM实施。

[0111] X调节VCM 412和Y调节VCM 414能够使透镜114倾斜,使得透镜114所在的平面能够沿着两个轴线倾斜以补偿由俯仰、偏转和/或滚动引起的相机运动。另选地,X调节VCM 412和Y调节VCM 414能够使透镜114移位,使得透镜114所在的平面能够沿着两个轴线移位以补偿由俯仰、偏转和/或滚动引起的相机运动。(透镜倾斜需要比透镜移位(X/Y)更多的Z高度)。

[0112] 如图4进一步所示,透镜驱动器电路400与透镜驱动器电路100不同,因为透镜驱动器电路400还包括连接到控制器152的陀螺仪416和连接到控制器152的加速度计418。能够用常规微机电系统(MEMS)芯片实施的陀螺仪416基于哪个方向向下朝向地心来测量透镜114的角运动。也能够用常规MEMS芯片实施的加速度计418测量非重力线性加速度。陀螺仪416将陀螺仪字GW(gyro word)输出到控制器152,并且加速度计418将加速度字AW(accel word)输出到控制器152,这两者都将运动信息提供到控制透镜114的x-y移动的控制器152。

[0113] 在弹簧120的中性位置处,在透镜114的焦点处形成的图像位于远距离外。当捕获远距离外的图像时,角运动支配图像模糊,而线性运动具有很小的影响。在弹簧120的端部位置处,在透镜114的焦点处形成的图像非常接近。当捕获非常接近的图像时,线性运动能够导致陀螺仪416未检测的图像模糊。

[0114] 在操作中,主机132将对焦位置输出至控制器152,控制器152然后检测来自陀螺仪416的陀螺仪字GW和来自加速度计418的加速度字AW。使用对焦位置,控制器152生成包括X轴控制信号和Y轴控制信号的X-Y控制信号VCS并将X-Y控制信号VCS输出到X调节VCM 412和Y调节VCM 414。

[0115] X-Y控制信号VCS改变透镜114的X-Y位置(通过使透镜114倾斜或移位)以补偿角移

动和线性移动。X-Y控制信号VCS继而表示来自陀螺仪字GW的角运动和来自加速度字的线性运动的加权值,其加权取决于对焦位置。

[0116] 例如,当对焦位置与弹簧120的中性位置(无穷远)对应时,控制器152仅使用陀螺仪字GW中的角运动信息来生成X-Y控制信号VCS以调节透镜114的X-Y位置。当对焦位置与弹簧120的端部位置(向上靠近)对应时,控制器152仅使用加速度字AW中的线性运动信息来生成X-Y控制信号VCS以调节透镜114的X-Y位置。

[0117] 当对焦位置位于弹簧120的中性位置和端部位置之间时,控制器152使用陀螺仪字GW中的角运动信息和加速度字AW中的线性运动信息的加权组合来生成X-Y控制信号VCS以调节透镜114的X-Y位置。

[0118] 来自陀螺仪416的角运动信息和来自加速度计418的线性运动信息的合适加权平衡能够以实验方法确定。任选地,不是仅仅使透镜114倾斜或移位,而是整个线圈、透镜和主体结构118能够交替地倾斜或移位以实现相同的结果。

[0119] 如图4进一步所示,透镜驱动器电路400也与透镜驱动器电路100不同,因为透镜驱动器电路400使用电源420而不是电源160。电源420与电源160相同,不同的是电源420使用自适应功率控制电路422而不是自适应功率控制电路164。自适应功率控制电路422与自适应功率控制电路164相同,不同的是自适应功率控制电路422使用正向电压电路424而不是正向电压电路184。

[0120] 正向电压电路424与正向电压电路184相同,不同的是除了从电流驱动器124接收正向电压VF之外,正向电压电路424还接收来自X调节VCM 414中的电流驱动器的x调节正向电压VXF,以及来自Y调节VCM 416中的电流驱动器的y调节正向电压VYF。

[0121] 正向电压电路424比较正向电压VF、x调节正向电压VXF和y调节正向电压VYF的大小,并选择最低值作为最小正向电压。正向电压电路424还将由VDAC 182输出的参考正向电压VS与最小正向电压进行比较,并且响应于该比较将正向电压控制信号VSF输出到PWM电路178。

[0122] PWM电路178响应于正向电压控制信号VSF调节开/关信号VSIG的定时。这允许PWM电路178跟踪驱动器的最小正向电压要求,因此跟踪驱动负载所需的最大电压,从而优化功率效率。

[0123] 控制回路是模拟的和自动的。因此,当启用时,控制回路跟踪驱动器电压,并且控制器/用户干预是不必要的。现在,当由电流驱动器124吸收的电流改变时,其改变驱动器的正向电压并且影响反馈回路,从而改变来自降压转换器电路162的输出电压VOUT。

[0124] 图5示出根据另选实施例的透镜驱动器电路500的示例的框图。透镜驱动器电路500类似于透镜驱动器电路100,因此,使用相同的附图标记来表示两个电路共有的结构。

[0125] 如图5所示,透镜驱动器电路500与透镜驱动器电路100不同,因为透镜驱动器电路500使用双向VCM 510而不是VCM 110。双向VCM 510类似于VCM 110,因此使用相同的附图标记来指代两个VCM共有的结构。

[0126] VCM 510与VCM 110不同,因为VCM 510包括附接至线圈、透镜和主体结构118中的主体116的第二弹簧520。弹簧120和520附接至主体116的相对端,并且被放置使得弹簧120和520两者均处于中性(未被压缩和未被拉伸)位置。在该示例中,弹簧120和520基本上相同。另外,弹簧120和弹簧520各自均具有150um的可用距离。弹簧120和弹簧520的组合具有



300um的可用距离,其与VCM 110中的弹簧120相同。

[0127] 与VCM 110一样,透镜驱动器电路500的可用距离被划分为1000个位置,其包括间隔30um的10个搜索位置。然而,与VCM 110不同,VCM 510具有中性位置(0um);500个正位置,其包括五个正搜索位置(例如,+30um、+60um、+90um、+120um和+150um);以及500个负位置,其包括五个负搜索位置(例如,-30um、-60um、-90um、-120um和-150um)。

[0128] VCM 510也不同于VCM 110,因为VCM 510使用H桥接电路530。H桥接电路530包括NMOS晶体管532和NMOS晶体管534。NMOS晶体管532具有连接到控制器152的栅极、连接到输出OUT的漏极以及连接到线圈112的第一端的源极。NMOS晶体管534具有连接到控制器152的栅极、连接到输出OUT的漏极以及连接到线圈112的第二端的源极。

[0129] 此外,VCM 510不同于VCM 110,因为VCM 510包括第二电流驱动器538。电流驱动器124连接到线圈112的第二端,而电流驱动器538连接到线圈112的第一端。电流驱动器538包括将来自控制器152的数字控制字转换成模拟电压的数字-模拟(D/A)转换器。

[0130] 在操作中,当NMOS晶体管532接通并且NMOS晶体管534关闭时,电流驱动器124响应于来自控制器152的电流控制字CCW并且吸收在第一方向上通过线圈112的电流。穿过线圈112的电流生成与来自永磁体122的磁场发生作用的磁场,以移动线圈、透镜和主体结构118。

[0131] 当弹簧120和520两者都处于中性位置时,线圈、透镜和主体结构118在压缩弹簧120并拉伸弹簧520的正方向上移动,其中线圈、透镜和主体结构118的位置通过平衡磁力和弹簧力来确定。

[0132] 当NMOS晶体管532关断并且NMOS晶体管534接通时,电流驱动器538吸收在第二相反方向上通过线圈112的电流。穿过线圈112的电流生成与来自永磁体122的磁场发生作用的磁场,以移动线圈、透镜和主体结构118。

[0133] 当弹簧120和520两者都处于中性位置时,线圈、透镜和主体结构118在压缩弹簧520并拉伸弹簧120的负方向上移动,其中线圈、透镜和主体结构118的位置通过平衡磁力和弹簧力来确定。

[0134] 另外,VCM 510进一步不同于VCM 110,因为VCM 510不需要启动电流。然而,虽然不需要启动电流,但是电流驱动器124必须吸收既能够压缩弹簧120又可以拉伸弹簧520的最大电流。类似地,电流驱动器538必须吸收既能够压缩弹簧520又可以拉伸弹簧120的最大电流。

[0135] 另外,电流的线性增加引起线圈、透镜和主体结构118的基本线性移动。因此,将线圈、透镜和主体结构118从一个位置移动到下一个位置的所需的电流增加对于每个邻近位置对基本上相同。

[0136] 在操作中,通过将透镜114从原位置移动到新位置所需的电流分成两个部分,线圈、透镜和主体结构118以两步从原位置移动到新位置。换句话说,由电流驱动器诸如驱动器124或驱动器538吸收的电流增加第一电流量以使线圈、透镜和主体结构118从原位置移动朝向新位置移动,并且然后,在一段时间之后,再次增加第二电流量以使线圈、透镜和主体结构118以新位置为中心,并且基本上减少线圈、透镜和主体结构118围绕新位置的振荡。

[0137] 第一电流量和第二电流量的和等于以一步将线圈、透镜和主体结构118从原位置移动到新位置所需的总电流。然而,通过将所需电流分成两部分,能够显著减少由于弹簧

120和520的作用引起的线圈、透镜和主体结构118的振荡或振铃。

[0138] 第一电流量和第二电流量的最佳大小取决于若干因素,包括弹簧构造、线圈、透镜和主体结构118的重量,以及引导线圈、透镜和主体结构118移动的结构。利用适当的这些因素连同第二电流量的定时一起,第一电流量和第二电流量的最佳大小能够通过测量与第一电流量和第二电流量的不同组合相关联的振铃来以实验方法确定。

[0139] 当线圈、透镜和主体结构118从原位置移动到新位置时,在第一电流量之后的延迟时间后施加第二电流量。在该示例中,当以一步将线圈、透镜和主体结构118从原位置移动到新位置时,延迟时间等于存在于新位置的谐振频率的周期的一半。此时施加第二电流量大幅度减少在新位置处的振铃量。

[0140] 控制器152使用在校准例程期间收集的信息确定每个位置的谐振频率。控制器152响应于来自主机132的校准字启动校准例程。在校准例程中,控制器152首先确定两个校准位置的谐振频率。在该示例中,为+60 $\mu$ m的正位置2用作第一校准位置,并且为-60 $\mu$ m的负位置2用作第二校准位置。

[0141] 当线圈、透镜和主体结构118处于中性位置且不移动时,通过首先测量位于线圈112两端的静态电压来确定校准位置的谐振频率。线圈112两端的电压由差分放大器140放大,由差分A/D转换器142数字化,并提供给控制器152,该控制器152将该静态电压的值存储在存储器150中。

[0142] 在已经确定静态电压之后,控制器152将电流控制字CCW输出到电流驱动器124,该电流驱动器124以单步将线圈、透镜和主体结构118从中性位置移动到第一校准位置。在该示例中,控制器152将电流控制字CCW输出到电流驱动器124,该电流驱动器124以单步将线圈、透镜和主体结构118从位置0(中性位置)移动到正搜索位置2(第一校准位置)。

[0143] 在第一校准位置中,放大器140放大位于线圈112两端的DC偏置正弦电压。线圈112两端的放大的DC偏置正弦电压接下来由差分A/D转换器142以采样频率转换成一系列数字值,然后提供给控制器152。采样频率由采样时钟电路144输出的采样时钟信号VSAM的频率限定。

[0144] 在接收表示线圈112两端的DC偏置正弦电压的一系列数字值之后,控制器152从DC偏置正弦电压中去除静态电压分量,这形成数字化正弦电压。一旦数字化正弦电压已经形成,控制器152就确定数字化正弦电压的频率。

[0145] 当线圈、透镜和主体结构118围绕第一校准位置振荡时,数字化正弦电压的频率与线圈、透镜和主体结构118的谐振频率相同。能够通过检测数字化正弦电压的过零点来确定数字化正弦电压的频率。另选地,能够使用常规自相关算法来从数字化正弦电压中提取频率。在已经针对第一校准位置确定数字化正弦电压的频率之后,频率作为谐振频率存储在存储器150中。

[0146] 接下来,线圈、透镜和主体结构118返回到中性位置,然后再次移动到第一校准位置,使得能够确定在第一校准位置处的谐振频率的第二测量。该过程重复几次,并且对于第一校准位置计算谐振频率的平均测量。在该示例中,第一校准位置处的谐振频率被确定五次,且平均值用于在正搜索位置2处的第一校准位置。

[0147] 在已经确定了第一校准位置的平均谐振频率值之后,控制器152将电流控制字CCW输出到电流驱动器538,该电流驱动器538以单步将线圈、透镜和主体结构118从中性位置移

动到第二校准位置。在该示例中,控制器152将电流控制字CCW输出到电流驱动器538,该电流驱动器538以单步将线圈、透镜和主体结构118从位置0(中性位置)移动到负搜索位置2(第二校准位置)。

[0148] 然后,以与第一校准位置相同的方式放大和数字化第二校准位置处的DC偏置正弦电压,并且以与确定第一校准位置的谐振频率相同的方式确定第二校准位置的谐振频率。

[0149] 在已经确定了两个校准位置的谐振频率之后,控制器152能够确定每个剩余位置的谐振频率。线圈112、透镜114和主体116的机械振荡的谐振频率从中性位置到正端位置和负端位置(例如,+150 $\mu$ m和-150 $\mu$ m)是近似线性的。因此,控制器152能够使用方程EQ.2或方程EQ.5以及来自两个校准位置的结果来确定每个位置的半周期时间,在该示例中半周期时间为施加第二电流量的时间。

[0150] 在校准例程已经完成之后,透镜驱动器电路500准备确定对焦位置。若干常规聚焦例程中的任何一个能够用于确定对焦位置。例如,主机132能够通过一系列位置字命令控制器152来使线圈、透镜和主体结构118增量式地步进通过正搜索位置,直到在两个正搜索位置之间已经识别出对焦位置或者已经排除了对焦位置。

[0151] 当线圈、透镜和主体结构118增量式地步进通过正搜索位置时,如果图像聚焦逐渐变得更好且然后逐渐变得更差,则对焦位置位于两个正搜索位置之间,这两个正搜索位置包括图像聚焦从变得更好到变得更差的区域。

[0152] 然而,如果图像聚焦逐渐变得更差,则可以排除对焦位置。在这种情况下,线圈、透镜和主体结构118返回到中性位置。之后,线圈、透镜和主体结构118增量式地步进通过负搜索位置,直到在两个负搜索位置之间已经识别出对焦位置,这两个负搜索位置包括图像聚焦从变得更好到变得更差的区域。

[0153] 在已经在两个搜索位置之间识别出对焦位置之后,然后线圈、透镜和主体结构118能够以较小步长诸如3 $\mu$ m步进返回通过位于两个搜索位置之间的若干中间位置,直到图像聚焦从变得更好到变得更差。

[0154] 在已经在两个中间位置之间识别出对焦位置之后,然后线圈、透镜和主体结构118能够以较小步长诸如1 $\mu$ m步进向前通过若干焦点位置,直到识别最佳对焦位置。然后,线圈、透镜和主体结构118能够步进到最佳对焦位置。

[0155] 每次线圈、透镜和主体结构118从任何位置移动到任何其他位置时,所述移动利用第一电流量和延迟时间后的第二电流量以两步发生,其中在该示例中延迟等于谐振频率的周期的一半。

[0156] 当主机132将识别新位置的位置字输出到控制器152时,控制器152确定识别待输出的第一电流量的电流控制字CCW,识别待输出的第二电流量的电流控制字CCW以及半周期时间,在该示例中,所述半周期时间是施加第一电流量和第二电流量的时间之间的延迟。

[0157] 在将位置字输出到控制器152之后,主机132等待预定的时间段。在预定时间段之后,主机132捕获并分析来自图像传感器130的电信号。当搜索对焦位置时,主机132确定在对应于位置字的位置处捕获的图像的聚焦质量。当处于对焦位置时,主机132存储在对应于位置字的位置处捕获的图像。

[0158] 如图5进一步所示,透镜驱动器电路500也与透镜驱动器电路100不同,因为透镜驱动器电路500使用电源540而不是电源160。电源540与电源160相同,不同的是电源540使用

自适应功率控制电路542而不是自适应功率控制电路164。自适应功率控制电路542与自适应功率控制电路164相同,不同的是自适应功率控制电路542使用正向电压电路544而不是正向电压电路184。

[0159] 正向电压电路544与正向电压电路184相同,不同的是正向电压电路544接收来自电流驱动器536的正向电压VF1和来自电流驱动器538的正向电压VF2。正向电压电路544比较正向电压VF1和正向电压VF2的大小,并且选择最低值作为最小正向电压。正向电压电路544还将由VDAC 182输出的参考正向电压VS与最小正向电压进行比较,并响应于该比较将正向电压控制信号VSF输出到PWM电路178。

[0160] PWM电路178响应于正向电压控制信号VSF调节开/关信号VSIG的定时。这允许PWM电路178跟踪驱动器的最小正向电压要求,因此跟踪驱动负载所需要的最大电压,从而优化功率效率。

[0161] 控制回路是模拟的和自动的。因此,当启用时,控制回路跟踪驱动器电压,并且控制器/用户干预是不必要的。现在,当由电流驱动器124或538吸收的电流改变时,其改变驱动器的正向电压并且影响反馈回路,从而改变来自降压转换器电路162的输出电压VOUT。

[0162] 因此,已经公开了具有若干实施例的透镜驱动器电路。每个透镜驱动器电路收集确定每个位置处的谐振频率所需要的信息。此后,每次线圈、透镜和主体结构118从任何位置移动到任何其他位置时,所述移动利用第一电流量和延迟时间后的第二电流量以两步发生,其中在该示例中延迟等于谐振频率的周期的一半。

[0163] 在权利要求的范围内,在所描述的实施例中修改是可能的,并且其他实施例是可能的。

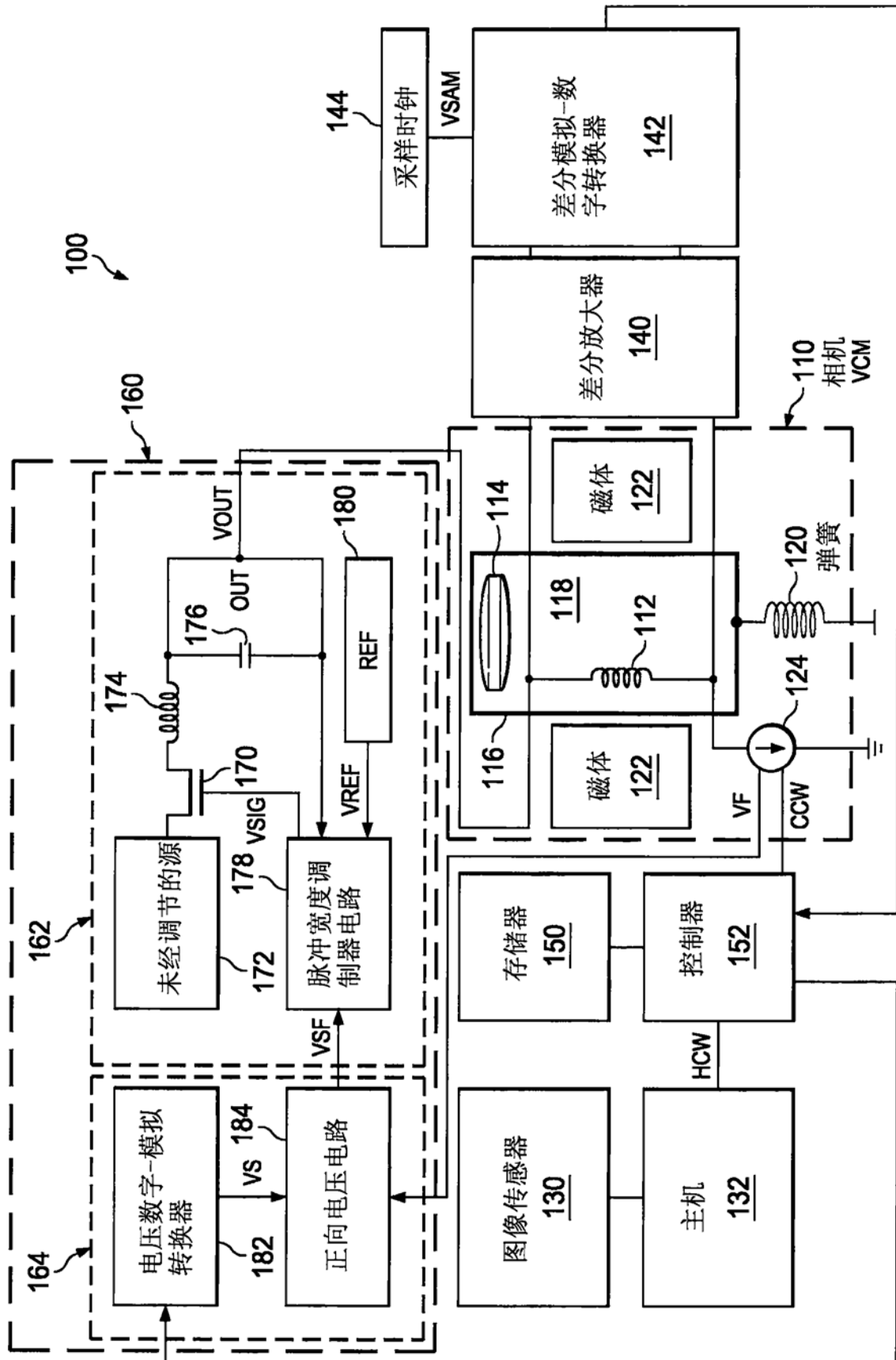


图1

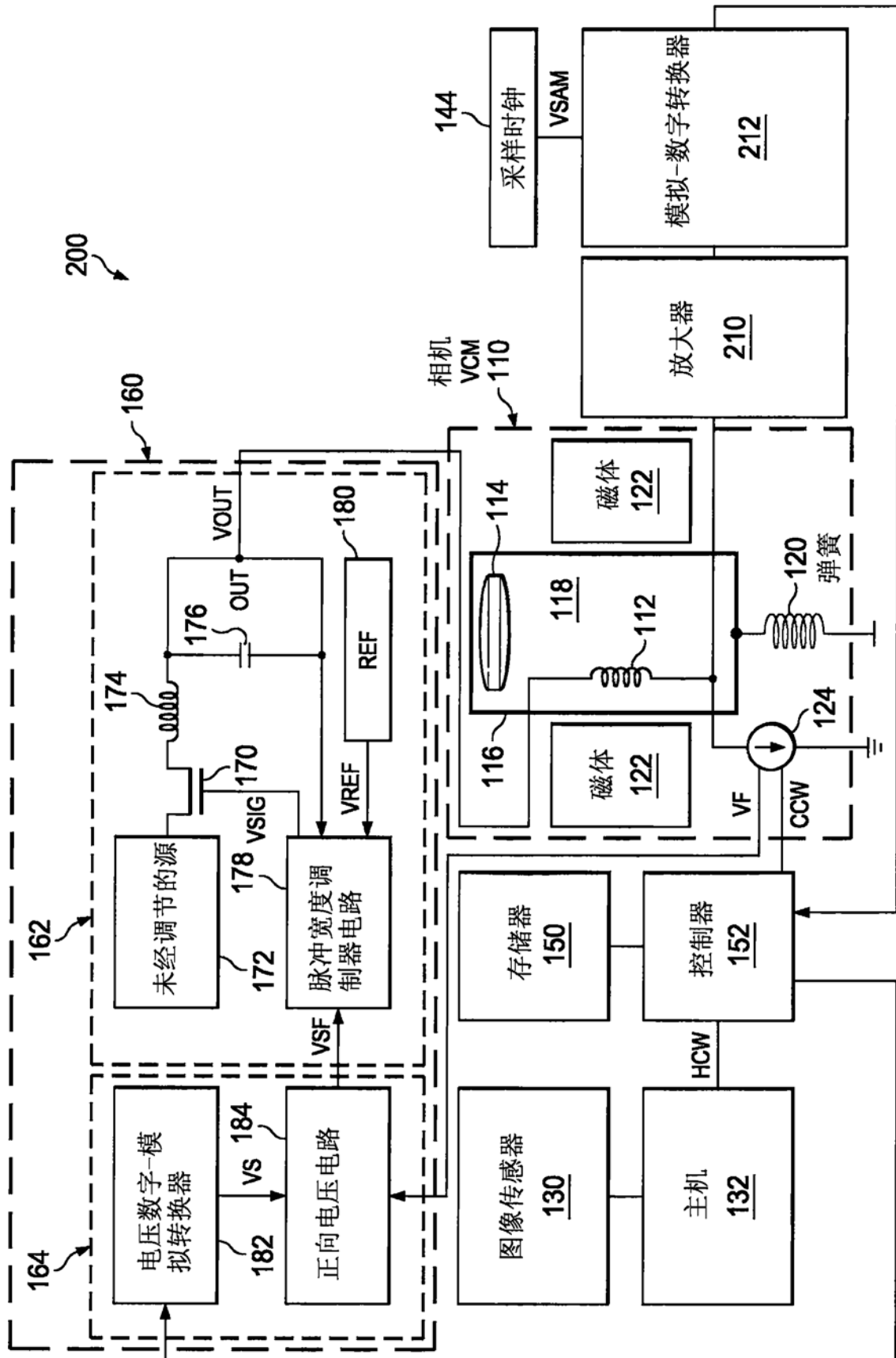


图2

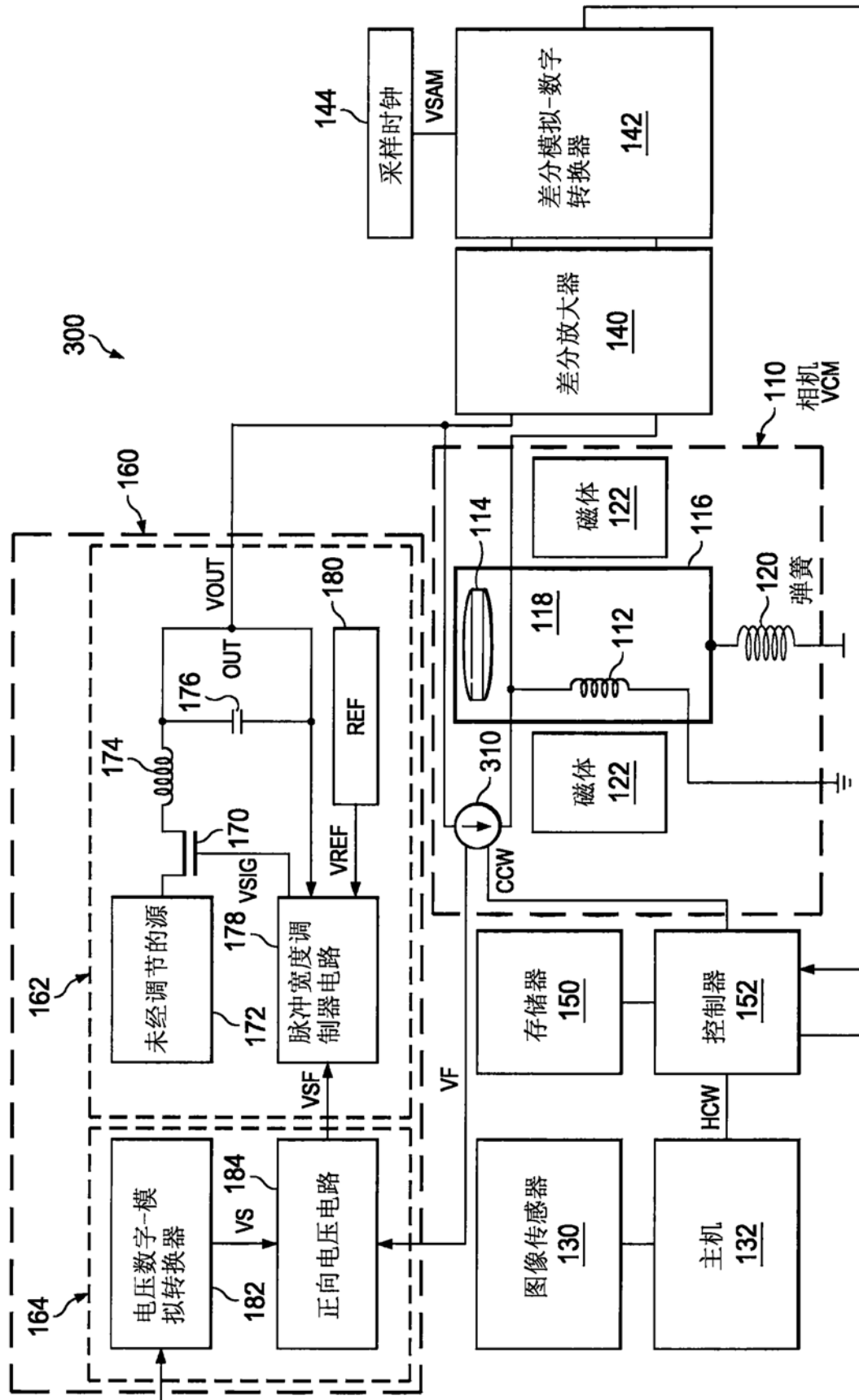


图3

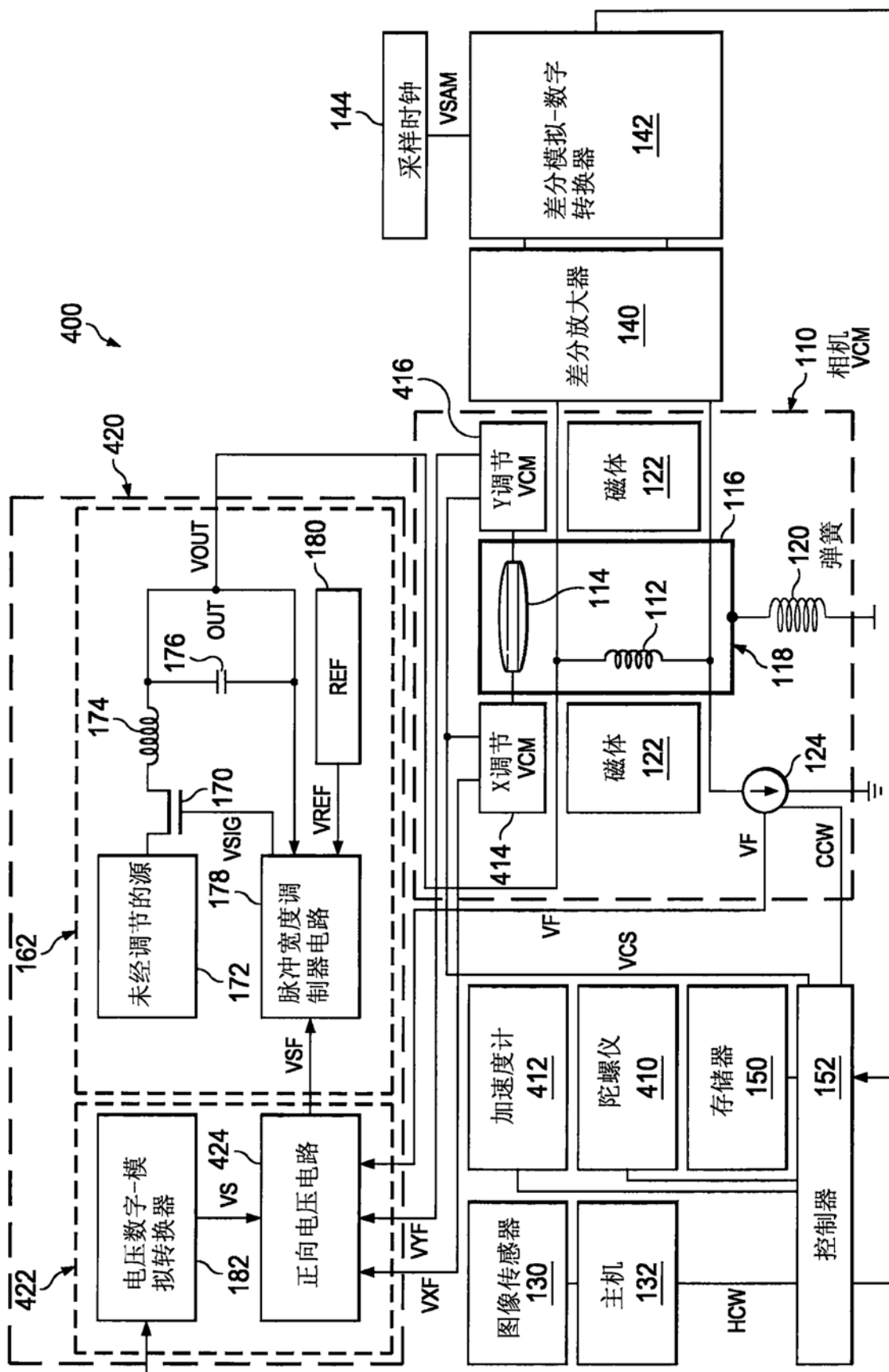


图4



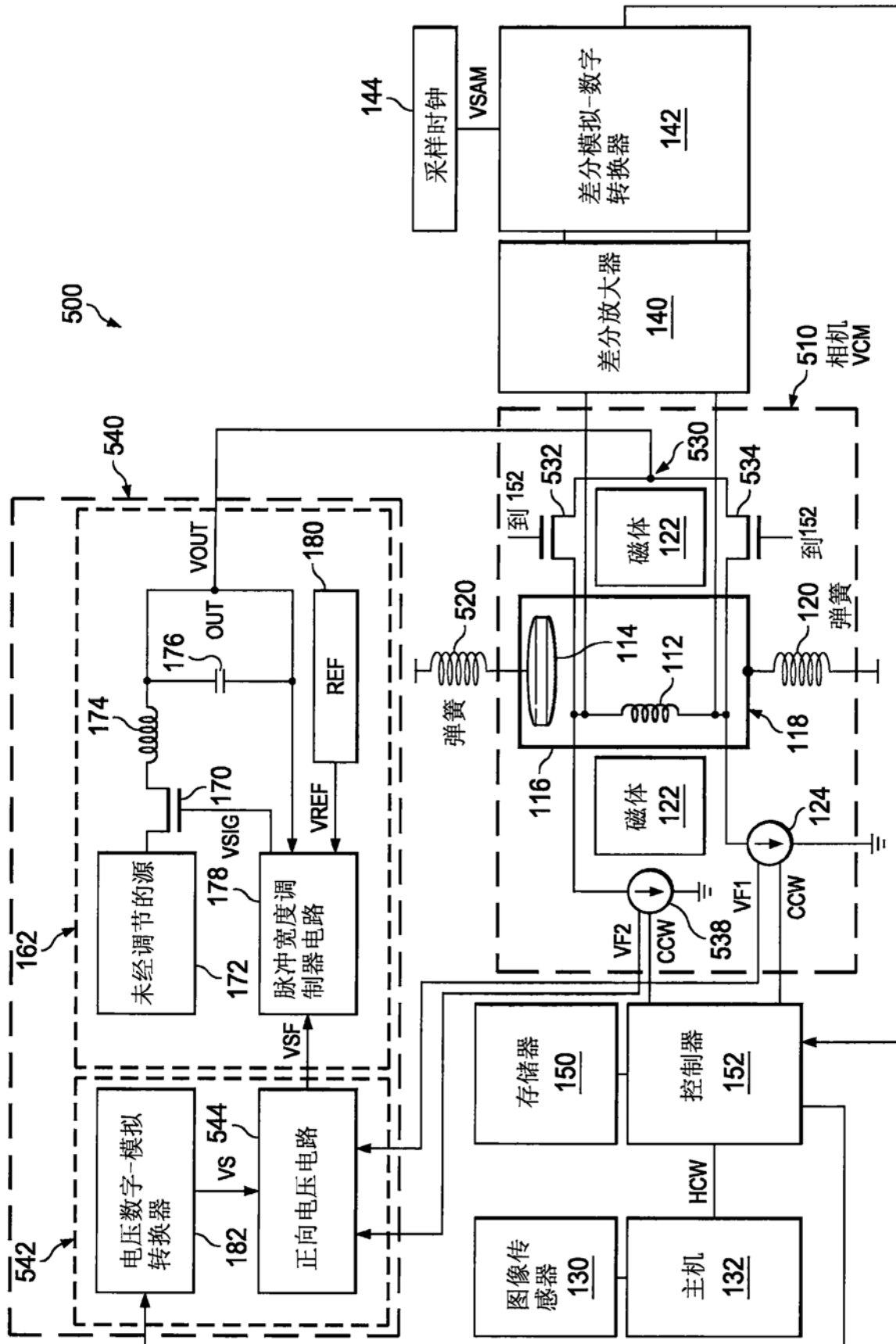


图5