

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G08C 19/02

G08C 19/10



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96197096.0

[43] 授权公告日 2003 年 5 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1108596C

[22] 申请日 1996.9.13 [21] 申请号 96197096.0

[30] 优先权

[32] 1995.9.29 [33] US [31] 08/536,766

[86] 国际申请 PCT/US96/14661 1996.9.13

[87] 国际公布 WO97/12347 英 1997.4.3

[85] 进入国家阶段日期 1998.3.20

[71] 专利权人 罗斯蒙德公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 罗格·L·弗里克

约翰·P·斯库特

艾哈迈德·H·陶菲克

审查员 何毅

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

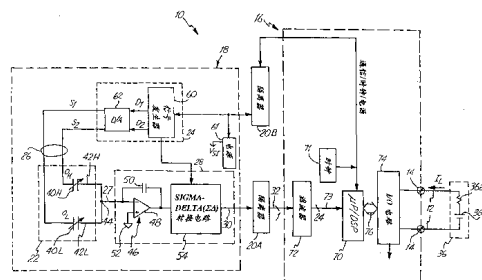
代理人 刘晓峰

权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 4 页

[54] 发明名称 过程控制变送器

[57] 摘要

一过程控制系统中的变送器包括用于连接一过程控制环路(12)的输入/输出电路(74), 具有第一阻抗的第一传感器感应第一感应参数, 具有第二阻抗的第二传感器感应第二感应参数, 第一和第二激发信号(S_1 , S_2)被施加到第一和第二传感器(40L, 40H)上, 一个求和结点(44)将第一、第二传感器(40L, 40H)的输出信号(O_L , O_H)求和, 一个模数转换器(54)提供表示被求和信号的一个数字输出, 连接模数转换器(54)的数字信号处理电路(70)提供一个对应于第一、第二传感器(40L, 40H)输出信号的输出给输入/输出电路(72)以通过过程控制环路(12)进行传送。



1. 一种过程控制系统中的变送器,包括用于与过程控制环路相连合的输入/输出电路,其特征在于:具有随第一感应参数而变化的第一阻抗的一个第一传感器;具有随第二感应参数而变化的第二阻抗的一个第二传感器;与第一传感器相耦合的第一激励交流信号;与第二传感器相耦合的第二激励交流信号;与结合了第一、二传感器的交流输出的第一、第二传感器的输出相耦合的一个求和结点;与用于提供代表第一和第二传感器的求和 AC 输出的数字输出的求和节点相连的模数转换器;与模数转换器的输出相耦合的数字信号处理电路,该模数转换器处理数字输出并通过过程控制环路向输入/输出电路提供用于传送的与第一和第二感应参数相关的输出。

2. 根据权利要求 1 所述的变送器,其特征在于:所述第一传感器包括一个电容器。

3. 根据权利要求 1 所述的变送器,其特征在于:所述的第一、第二激励信号彼此之间有相位移。

4. 根据权利要求 1 所述的变送器,其特征在于:所述的第一、第二激励信号是具有不同频率的信号。

5. 根据权利要求 1 所述的变送器,其特征在于:它包括有一个产生第一、第二激励信号的数字信号发生器;一个与第一、第二传感器相连,可将数字激励信号转换为第一、第二激励信号的数模转换器。

6. 根据权利要求 1 所述的变送器,其特征在于:所说的第一激励信号包括一种变形正弦波。

7. 一个过程控制系统中的变送器,其特征在于:它包括具有响应于多个被感应的参数的多个可变阻抗的多个传感器;适用于多个传感器中的每一个、引出多个传感器输出信号的,产生于信号发生电路、彼此具有不同波形的多个激励信号;一个对应于多个传感器输出信号之和的被求和信号;与被求和信号耦合、具有一个对应被感应参数的输出的信号处理电路;与过程控制环路和信号处理电路相连、可通过过程控制环路发射与被感应参数相关的输出的输出电路。

过程控制变送器

背景技术

本发明涉及一种带有一个模数转换器的过程控制变送器，该模数转换器可以提供一个传感器输入信号的数字表示。更具体地说，本发明涉及带有一个能产生一种传感器信号的传感器的过程控制变送器，该传感器信号对应于被转换成传感器信号的数字表示的感应参数，传感器信号表示被感应的参数。

在过程控制工业中，变送器一般是通过两股线与一个控制器连接，且变送器和控制器均通过这两股线获得电力。一个变送器从一个控制器获得指令并发射表示被感应物理参数的输出信号返给控制器。通常办法是使用一个电流环路，利用环路中在 4 — 20mA 幅度内的变化的电流来表示感应参数。

本变送器包括一个用来感应一个与某一过程相关的参数的传感器。该传感器输出一个模拟信号，以表示由控制过程的特性所决定的各种变量中的一个。这些变量有压力、温度、流量、pH 值、浑浊度和气体稠密度等。有些变量有一个非常大的动态范围，比如对应于流速的传感器输出信号的振幅的最大值和最小值就相差 10,000 倍。

变送器中的模数转换器将模拟传感器信号转换成被感应的物理参数的一种数字表示，用于变送器内的后续分析或向远距离地点发送。一个微处理器一般是补偿被感应并被数字化的信号，变送器内的输出电路通过双线环路向远距离地点发射代表被补偿过的物理参数的输出。物理参数每秒一般只被变换几次，这由要控制的过程的特性来决定，而模数转换器一般则应具有 16 比特分辨率和对噪音的低敏感度。

电量平衡转换器用于变送器中以提供模数转换。美国专利“带电平衡反馈测量电路”（专利号 5,083,091, 1992 年 1 月 21 日授权给 Frick 等人）

中描述了一个这样的变送器。这种变送器中的传感器提供一个根据过程变量而变化的阻抗。

该阻抗的输出被带电平衡转换器转换成阻抗的数字表示。这个数字表示可以超过一个将感应电路与其它变送器电路分隔开的隔离阻挡层而被发射出去。电量平衡转换器是一种 Sigma-delta ($\Sigma\Delta$) 转换器, 这种转换器的输出是 1 比特宽的串行比特流。这种 1 比特宽的二进制信号含有所有对传感器阻抗输出信号的振幅和频率进行数字化表示所必需的信息。输出的串行格式非常适于越过隔离阻挡层发射。 $\Sigma\Delta$ 转换器还提供低噪音敏感性、高分辨率的输出。

本发明的内容概述

本发明提供了一种将一个以上的信号多路传输给用于过程控制系统中的变送器内的一个模数转换器的技术。这些信号可以是过程变量传感器、基准传感器或其它用于补偿的传感器的输出, 通常地, 这些信号可用来代表被感应的参数。变送器包括连接一过程控制环路的输入/输出电路。

一个第一传感器具有一个根据诸如过程的过程变量等被感应参数进行变化的第一阻抗。一个第二传感器具有根据另一个被感应参数进行变化的第二阻抗。一个第一激励信号被提供给第一传感器, 一个第二激励信号被提供给第二传感器。第一和第二传感器的输出对应于第一、第二激励信号和感应参数。一个求和结点将来自第一、第二传感器的输出累加。一个模数转换器将累加后的信号转换成数字格式。数字信号处理电路从模数转换器的数字输出中抽取感应参数。数字信号处理电路提供一个取决于被感应参数的输出给通过过程控制环路进行发送的输入/输出电路。

附图的简要说明

图 1 为本发明的一实施例中变送器的简化方框图。

图 2 为图 1 所示的变送器的较详细的方框图, 图中显示了实施例中的信号转换电路。

图 3 为标示两个电容传感器的输出的矢量图。

图 4 为本发明的另一实施例的简化原理图。

图 5A 为用于本发明的变形正弦波的振幅—时间坐标图。

图 5B 为图 5A 中的正弦波相位移 90° 后的振幅—时间坐标图。

最佳实施例的详细描述

图 1 为本发明的一个实施例中在连结端子 14 处连接有过程控制环路 12 的变送器 10 的简化框图。变送器 10 包括有测量电路 16 和传感器电路 18。测量电路 16 连接双线环路 12 并被用来在环路 12 上发射和接收信息。测量电路 16 还包括向变送器 10 提供产生于流过环路 12 的环路电流 I 的一个电力供应输出的电路。在一个具体装置中，测量电路 16 和传感器电路 18 被分隔地设置于变送器 10 内不同区域并由隔离器 20 进行了电隔离。隔离器 20 是一个电接地传感器所必需的一种隔离。传感器电路 18 包括一个传感器 22（图中为阻抗），传感器 22 对应于被感应参数产生多个可变阻抗。本实施例中，感应参数包括反映一个过程的过程变量（如温度、压强、压差、流量、应变、pH 值等）、参考电平和补偿变量（如用来补偿其它被感应变量的传感器温度）。激励信号由激励输入电路 24 通过电连接 26 提供给阻抗 22。其它激励信号可包括光信号、机械信号和磁信号等。阻抗 22 响应于来自激励输入 24 的激励输入信号而在输出 27 上产生输出信号。输出信号根据被感应的参数而发生变化。

本发明中，阻抗元件 22 包括一个或多个与来自激励输入 24 的不同激励信号相耦合的独立可变阻抗。每个阻抗都向转换电路 28 提供一个输出信号，转换电路 28 则将这些信号结合并进行数字化形成一单股数字输出流。转换电路 28 在输出线 30 上向将转换电路 28 电隔离的隔离器 20 提供一个输出。隔离器 20 在感应参数的测量中可以减小接地回路噪音并在线 32 上提供一个被隔离的输出给测量电路 16。测量电路 16 发射在环路 12 上接收的来自转换电路 28 的数字化后的信号表示。在一个具体实施例，这种表示是一个模拟电流电平或一个数字信号。在一个最佳实施例中，测量电路接收这个数字信号并恢复阻抗元件 22 中的各独立阻抗分别所产生的信号。线 26、27、30 和 32 可以由任何合适的传输介质构成，其中包括电导体、光缆线、压力通道或其它联接方式。

图 2 是通过双线过程控制环路 12 连接到控制室电路 36 上的变送器 10 的更为详细的方框图。控制室电路 36 被模化为一个电阻 36A 和电压源 36B。电流从环路流过变送器 10。

在图 2 所示的实施例中，传感器 22 包括电容压力传感器 40H 和 40L，两传感器各具有分别对应于压力 P_H 和 P_L 的电容 C_H 和 C_L 。例如，电容 C_H 和 C_L 可以表示一个过程的感应压力。电容器 40L 通过输入线 26 接收来自

输入电路 24 的激励输入信号 S_1 。电容器 40H 通过输入线 26 接收来自输入电路 24 的激励输入信号 S_2 。电容器 40H 和 40L 各自在输出线 42H 和 42L 上分别产生输出信号 O_H 和 O_L 。输出线 42H 和 42L 在通过线 27 与转换电路 28 相连的求和结点 44 处连接在一起。

转换电路 28 包括高阻抗输入放大器 46。在一个具体实施例中，放大器 46 由一个运算放大器 48 组成，放大器 48 可通过电容器 50 从一个输出端子向一个反相输入端子形成负反馈。放大器 48 的非反相输入连接机壳或电接地 52。运算放大器 48 的反相输入通过线 27 连接求和结点 44。放大器 46 的输出被提供给根据众所周知的 $\Sigma\Delta$ 转换技术运行的 $\Sigma\Delta$ 转换电路 54。刊登在 1988 年 12 月出版的《固态电路电子和电气公司协会学报》第 6 卷第 23 册第 1298 — 1308 页上，题目为《 $\Sigma\Delta$ 调制模数转换器设计》一文中就描述了 $\Sigma\Delta$ 转换的设计方案。 $\Sigma\Delta$ 转换电路 54 可以被制成具有相当高的抽样率和分辨率，以适于某种特殊传感器即用作覆盖传感器输出动态范围的传感器 22。 $\Sigma\Delta$ 转换电路 54 提供一比特宽的位流到线 30 上。这个数字输出包括对放大器 46 提供的输入信号的振幅、频率和相位进行数字化显示所必需的全部信息。

来自激励输入电路 24 的激励信号 S_1 和 S_2 可以利用任何适当的技术产生。在图示的实施例中，信号 S_1 和 S_2 是由数字信号发生器 60 产生的，该发生器 60 向数模转换器 62 提供数字信号输出 D_1 和 D_2 。数模转换器 62 相应地产生模拟信号 S_1 和 S_2 。发生器 60 被与转换电路 54 相连并向该电路提供时钟信号。一种最佳实施方式是，信号 S_1 和 S_2 是频率在约 10Hz 到约 100Hz 之间、相位差为 90° 的正弦信号。在一个具体实施例中信号发生器 60 的输出被调整用以补偿电容器 40H 和 40L 的生产过程中的偏差，例如可以对信号的相位、频率、波形和振幅加以调整。信号发生器 60 接收通过隔离器 20 的时钟信号和通信信号。时钟信号还被电源 61 利用以产生一个向电路 18 提供电源的被隔离的供应电压 V_{SI} 。

测量电路 16 包括一个微处理器/数字信号处理器 70，处理器 70 接收通过隔离器 20A 和十进制滤波器 72 的来自 $\Sigma\Delta$ 转换电路 54 的输出。在一个具体实施例中，数据总线 73 传送的滤波器 72 的输出的宽度为 16 — 24 比特，并具有 24 比特的分辨率。十进制滤波器 72 将具有较低数据流速数字的线 32 上的单比特宽数据流重新格式化成为 1 字节宽的数据流而为微处理器 70

所用。微处理器/数字信号处理电路 70 还接收输入电路 24 的输入，电路 24 提供对应于激励信号 S_1 和 S_2 的基准信号。微处理器 70 处理数字化信号并从每个独立电容器 40H 和 40L 所产生的信号中来抽取信号。一般地，这两个不同的信号用指示激励信号 D_1 和 D_2 的相位、频率和振幅的信息来抽取。微处理器 70 计算被电容器 40H 感应的绝对压力、电容器 40L 感应的绝对压力和压差。微处理器 70 通过数据总线 76 提供此信息给输入/输出电路 74。输入/输出电路 74 通过端子 14 连接过程控制环路 12 并接收环路电流 I_L 。I/O 电路 74 通过电流 I_L 来产生用于供应变送器 10 内的线路 16 的电能的电源电压 V_s 。I/O 电路 74 通过环路 12 发射对应于感应压力的信息给控制室 36。这种信息的发射可以通过数字发射技术或任何合适的发射技术对电流 I_L 进行控制而实现。

图 3 是信号 O_H 、 O_L 和 $O_H + O_L$ 的矢量图。图 3 中显示了求和结点 44 处的模拟求和器产生的 $O_H + O_L$ 的合成信号。独立信号 O_H 和 O_L 可以通过分别在相位 $+45^\circ$ 和 -45° 处所确定的振幅来恢复。这样可以确定由容器 40H 和 40L 所感应的压强 P_H 和 P_L 。为了以最大精确度和分辨率确定 $P_H - P_L$ 值，可以在时域内测量合成信号 $O_H + O_L$ 的相位移 θ_R 。

图 2 中所示的技术可用于越过变送器内一个独立隔离器来发射大量不同的信道的信息。例如，一个变送器的传感器电路可以测量任何感应参数，诸如压差、绝对压力、温度变化、绝对温度和传感器温度等。附加参数被用来补偿压差读数和绝对压力读数。本发明中，电容传感器可被所有的信息信道使用并用不同的频率、相位、振幅或波形的信号激励。这些电容传感器的输出在模拟域内被累加求和并由一个模数转换器将它们数字化。然后该数字信号越过隔离器被发射给测量电路，测量电路中，独立信号是通过数字信号处理而被识别的。这些信号在被通过过程控制环路发射出去之前而先被补偿并用于计算中。数字信号处理过程计算每一个频率成分的振幅和相位。例如，数字滤波器可以用来分离信号。输出可以被进一步处理以测量振幅和相位。一个由快速傅里叶变换 FFT 实现的离散型傅里叶 DFT 可以被用来提供某种信号的频谱，检测该信号就能确定所需频率的独立信号的量值。在具体实施例中，尽管模拟滤波器可能具有有限的分辨率，它们还是被用来恢复各独立的信号。

在具体实施例中，激励信号是对应于一个系统时钟的频率能产生的不

同频率的激励信号。数字信号处理电路使用时钟信号作为一个基准以识别响应不同的激励信号而产生的信号。不同的实施例中可以使用具有不同相位、振幅的激励信号。

图 4 是另一个实施例中传感器电路 150 的简化电路图。传感器电路 150 包括电容传感器 152、154、156、158 和 160。电容传感器 152 测量压力 P_1 ，电容传感器 154 测量压力 P_2 ，传感器 156 和 158 的结合测量 $P_1 - P_2$ 的压力值。电容传感器 180 提供一个用于校正系统和测量系统误差的校准电容。可变电阻 162 和 164 对应于温度 T_1 和 T_2 而变化，并连接运算放大器 166 的非反相输入。放大器 166 连接有负反馈并提供一个缓冲。放大器 166 的输出连接在电容器 168 上。可变阻抗 152 到 164 分别与提供激励信号 e_1 、 e_2 、 e_3 、 e_4 、 e_5 和 e_6 的信号源 172、174、176、178、180 和 182 连接。图 4 还显示了邻接于每个信号发生器 172 到 182 的信号 $e_1 \sim e_6$ 的波形。信号 e_1 的频率为 f_1 ，相位移是 0° ；信号 e_2 、 e_3 的频率也都是 f_1 ，在相位上分别移动了 180° 和 90° ；信号 e_4 的频率为 f_2 ，如本例所示， f_2 的数值相当于 $1/2 f_1$ ，信号 e_5 和 e_6 的频率都是 f_3 ，数值相当于 $2 f_1$ ，信号 e_6 相对于 e_5 的相位移为 180° 。在实际实施中，如果激励信号相隔 180° ，信号处理电路将不能隔离各单独的激励信号。

电容器 152 到 160 和电容器 168 的输出连接在放大器 184 反相输入的求和结点 170。在图中，放大器 184 表现为运算放大器 186，具有通过一个积分电容器 188 的负反馈，依据公式如下：

$$V_{out} = - \frac{\sum e_n C_n}{C_I} \quad (\text{等式 1})$$

上式中： e_n 是来自信号源 172 到 182 的激励信号； C_n 是电容器 152 到 160 和电容器 168 的电容值； C_I 是电容器 188 的电容值。

放大器 184 向表示电容器 152 到 160 的输出与电容器 168 的输出的累加和的模数转换器 190 提供一个输出。

温度被对应于温度 T_1 和 T_2 而改变阻值的电阻 162 和 164 所感应。在一个混合运算中，电阻 112 和 164 有选择性权重信号 e_5 和 e_6 并通过放大器 166 向电容器 168 提供混合信号。数字信号处理电路（未在图 4 中显示）识别电容器 152 到 160 和 168 的输出并确定压力 P_1 、 P_2 、 $P_1 - P_2$ ，基准电容

C_R 和温差 $T_1 - T_2$ ，所有这些都反映了感应参数。在一个具体实施例中，反映基准电容的感应参数 C_R 被用来补偿和确定其它测量中的误差。

虽然图 4 显示的是积分倍频正弦波，其它非正弦信号也可以适用，非积分倍频信号、随机的或伪随机的信号、有限频带或任何所需的组合信号均可被采用。非正弦信号可用来产生线性、非线性或对数相位输出。激励信号的振幅、频率或相位可以被控制为感应参数的函数以产生所期望的传输功能。宽带确定性或随机激励信号可被用来增加对窄频信号干扰的抗扰性。例如，伪随机序列可用作激励信号，这可以是一个码分多址系统，就和应用在多用户传播系统（CDMA）中的相似。

确定感应参数可以运用任何合适的信号处理技术，例如，伴随着相位变化的瞬时频移就可以用来探测压力的变化。整个变化过程适应如下公式：

$$f_{OUT} = f_{EX} + K \frac{d\theta}{dt} \quad (\text{等式 2})$$

$$\int (f_{OUT} - f_{EX}) dt = K\theta \quad (\text{等式 3})$$

$$\Delta P \propto \theta = \frac{\int (f_{OUT} - f_{EX}) dt}{K} \quad (\text{等式 4})$$

上述等式中， f_{EX} 是激励信号的频率， f_{out} 是一个电容传感器的输出， K 是常量， θ 是相位移， C 是将 $K \cdot \theta$ 转化为压力变化值的常系数。

正弦信号的变形也可被用作激励信号，并被用来优化传感器电路的灵敏度。例如在图 5A 中显示了一个变形正弦信号，图 5B 显示了图 5A 中所示信号相位移 90° 后的正弦信号。图 5A、5B 中所示的变形正弦波在 $\Delta P = 0$ 左右的条件下（如 $C_H = C_L$ ）能够增加测量电路的灵敏度。也可以调整波形，这样输出信号中有一个对数关系，而模数转换器不需要那么大的动态范围。

还可以在测量中使用基准波形。在本实施例中， C_H 和 C_L 由在相位上移动了 180° 的激励信号驱动，一个基准电容由相对于任何一个驱动 C_H 和 C_L 的波形均相位移动了 90° 的波形驱动。最后的输出振幅可由下式决定：

$$\text{振幅} = \sqrt{(C_H - C_L)^2 + C_R^2} \quad (\text{等式 } 5)$$

式中， C_H 和 C_L 是高、低压传感器的电容值， C_R 是一个基准电容值。在另一个实施例中，每一循环路中要测量两次相位，使噪音减小为原噪音的 $1/f$ 并减少零交叉探测中的零点漂移误差。零点漂移误差会给两个信号分别增加或减少相同量的相位移，从而使两信号相互抵消。

在本发明克服了以往工艺中存在的一系列问题。例如，一项在先技术使用时分多路传输，这会增加噪音混淆的可能性，并限制转换电路调整其分辨率与响应时间相互关系的能力。使用多个模数转换器会增加电力消耗。更进一步，这些转换器会以不可预料的方式相互干扰，且使传感器电路的隔离更加复杂化。另外，使用两个转换器测量一个差分信号会使误差加倍。本发明通过利用模数转换器的大部分可变频宽而使用了一种低电耗技术，特别是 $\Sigma\Delta$ 转换器的使用更突出此优点，在不同元件之间的相互干扰被减少而且增加了可预见性。混淆将受限制，因为所有的感应参数可以在一个 $\Sigma\Delta$ 转换器的高发送频率下受到监控，而且在微处理器抽取传感器输出之前可以安装使用抗混淆数字滤波器。

此外提出的特定操作的变化亦被考虑在本发明的范围之内。例如，任何或所有的功能象信号产生、越过隔离器发射、滤波、信号处理、补偿、发射等等，均可以在模拟或数字电路中被实现。这些技术宜于减少测量中的噪音，即使只是测量单一感应参数。还有，针对各种特性的相适宜的装置也在本发明之内。激励信号可以由其它不是本文所介绍的技术产生。将各阻抗元件的输出相加求和的特定技术可以改动，可以采用不同类型的滤波器或不同类型的数模转换器或模数转换器。可以采用任何合适的阻抗和任何数量的元件，这些元件均具有响应可能被采用的感应参数的阻抗。可以适用其它探测和识别独立传感器输出的技术，以及其它同步技术或发电技术。也可以采用象模糊逻辑、中枢网络等的信号处理技术。亦可利用其它诸如锁定放大器技术等数字或模拟技术中均可实现的信号处理技术。

锁定放大器适宜利用一个基准信号将一个信号从其它信号中识别并隔离开来。

尽管本发明中描述了一些最佳实施例，本领域中的熟练工人将会意识到所做的各种形式及细节上的修改都不脱离本发明的范围及实质。

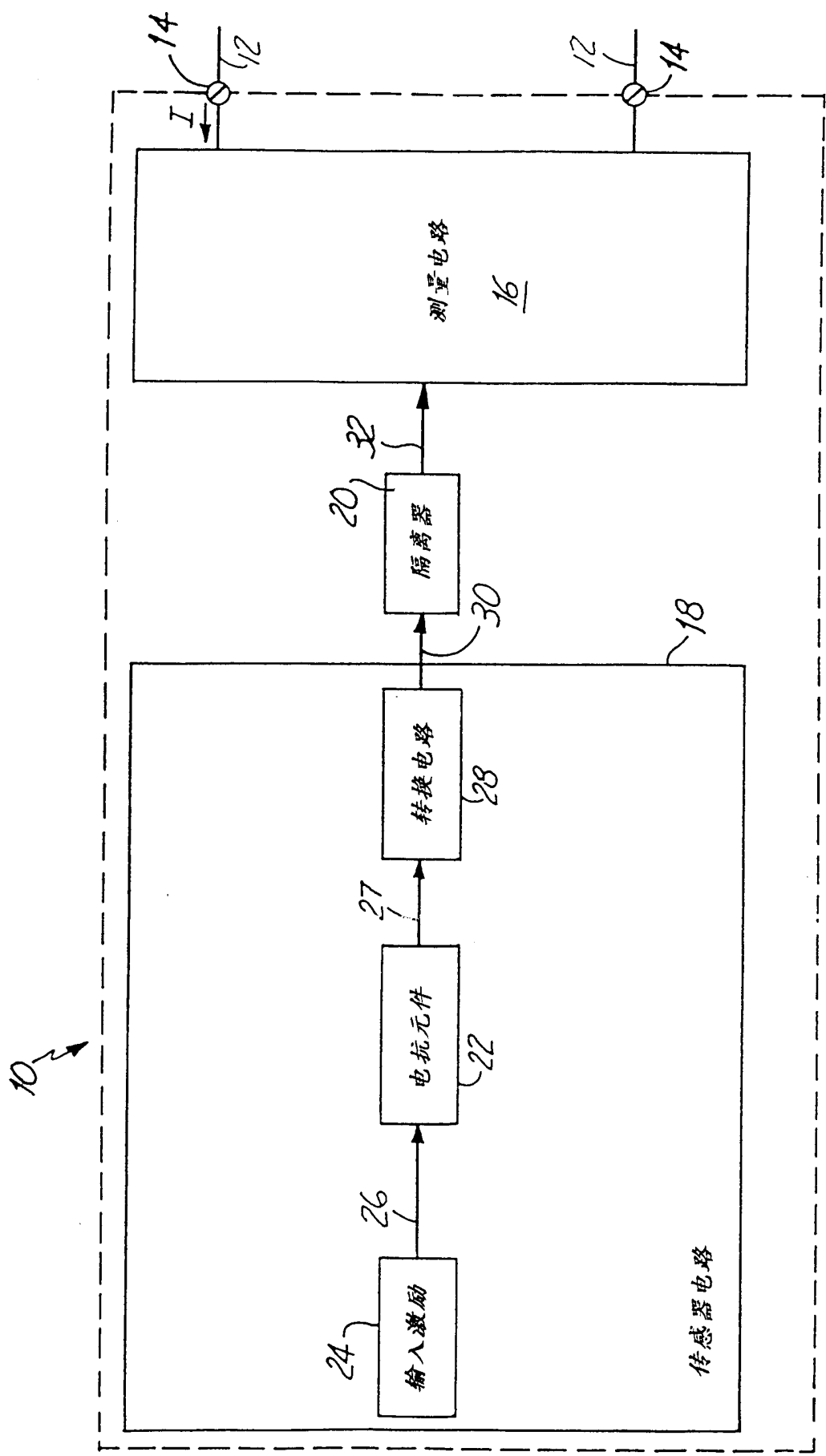


图 1

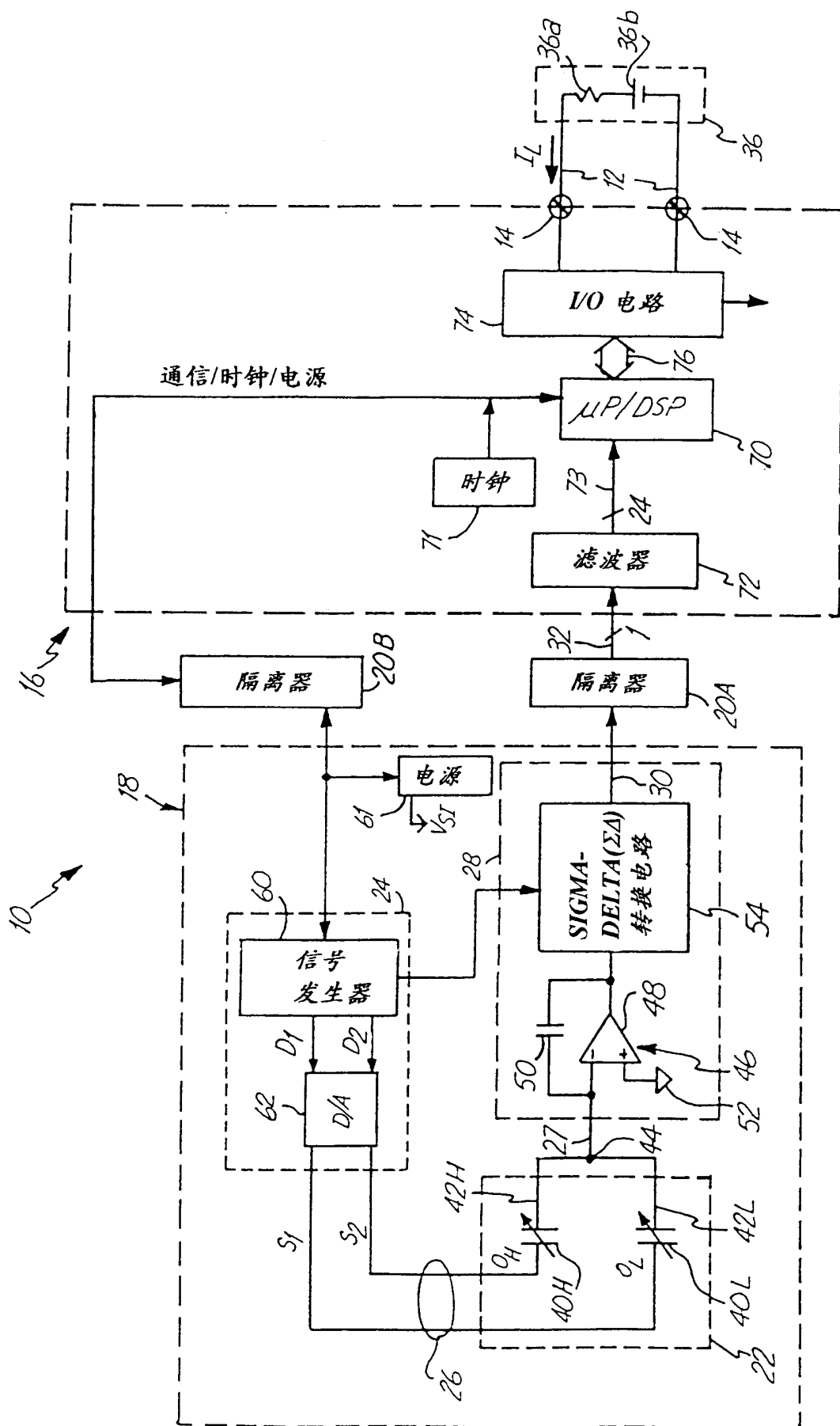


图 2

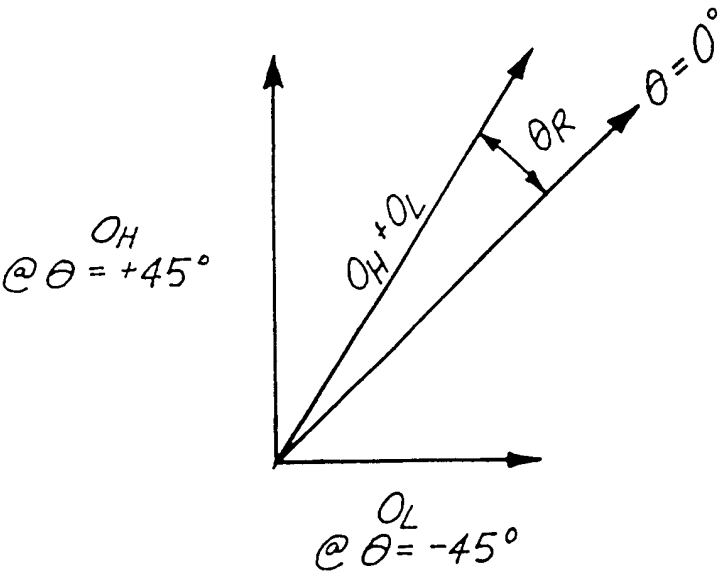


图 3

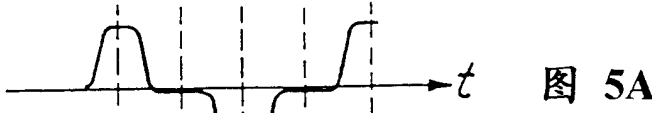


图 5A

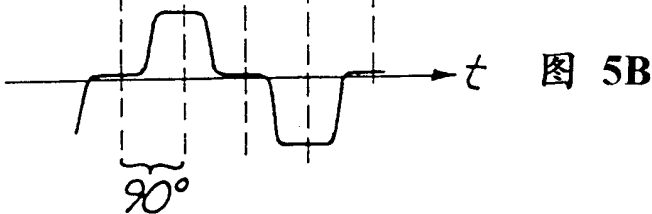


图 5B

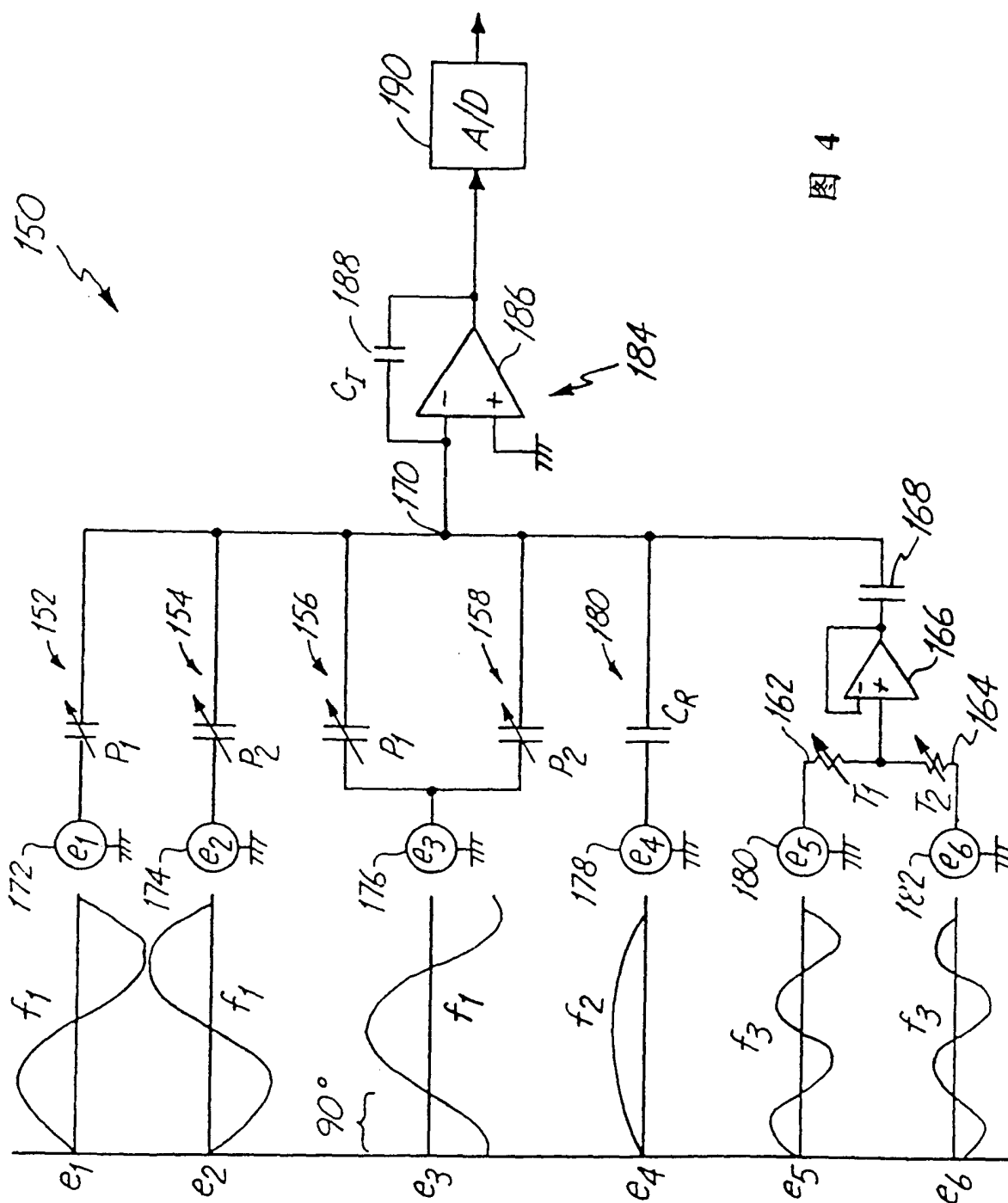


图 4