



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 92102012.0

[51] Int.Cl<sup>5</sup>  
G01G 7/04

[43] 公开日 1992年10月14日

[22] 申请日 92.3.23

[30] 优先权

[32] 91.3.27 [33] JP [31] 63137/91

[71] 申请人 株式会社岛津制作所

地址 日本京都市

[72] 发明人 新屋和也

[74] 专利代理机构 上海专利事务所

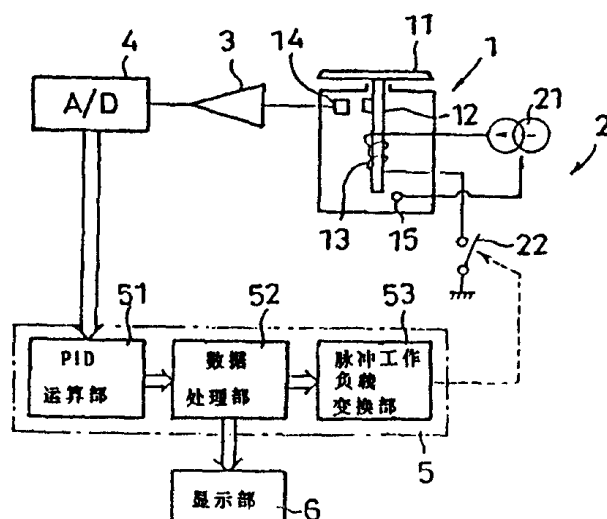
代理人 颜承根

说明书页数: 8 附图页数: 3

[54] 发明名称 电子天平

[57] 摘要

一种电子天平使电流流到置于磁场中的施力线圈所产生的力与支承在荷重承载部的盘上荷重平衡,由此状态施力线圈所流的电流值求出荷重大小,通过控制使上述施力线圈中所流的脉冲电流为由比相应电子天平显示位数容量还小的位数所确定的工作负载脉冲电流,且使该脉冲电流的工作负载在规定时间内以规定比率变化来与荷重平衡,而使分辨率虚拟地提高,以获得低成本高分辨率的天平。



## 权 利 要 求 书

---

1. 一种电子天平，使电流流到置于磁场中的施力线圈所产生的力与支承于荷重承载部的盘上荷重平衡，由此状态施力线圈所流的电流值求出荷重大小，其特征在于有：

依据输入数据产生工作负载的脉冲电流送给所述施力线圈的脉冲电流发生装置；

对所述荷重承载部随荷重而产生的位移检测信号进行 PID 运算处理后变换为规定位数的脉冲工作负载数据而作为输入数据送给所述脉冲电流发生装置的数据处理装置；

将送给所述施力线圈的所述脉冲电流的脉冲工作负载变换为质量值送给显示器的质量值确定装置，

所述施力线圈中所流的脉冲电流是由比相应电子天平的显示位数还小的容量的位数确定的工作负载脉冲电流，并且该脉冲电流的工作负载是在规定时间内以规定比率给出变化来与所述荷重平衡的，所述电子天平包括确定上述脉冲数据的组成。

2. 如权利要求 1 所述的电子天平，其特征在于所述 PID 运算处理是用所述位移检测信号的 A—D 变换数据藉数字运算进行的。

3. 如权利要求 1 所述的电子天平，其特征在于所述 PID 运算处理是对所述位移检测信号进行模拟运算，其运算结果数字化后送给所述数据处理部。

4. 如权利要求 1 所述的电子天平，其特征在于所述 PID 运算处理中，至少积分运算是藉数字运算进行的，其他是藉模拟运算进行的。

## 电子天平

本发明涉及电子天平，更具体地涉及电磁力平衡式电子天平。

电磁力平衡式电子天平，是将电流流到处于磁场中的施力线圈所产生的电磁力用来平衡待测荷重，从获得该平衡状态所需要的电流值来求得待测荷重的。以往这类方式的电子天平根据向该施力线圈通入电流的方法和测定此电流值的方法可分为如下所示的方式。

①利用一反馈回路改变 500—1000Hz 频率的脉冲电流的工作负载来与荷重平衡，对其脉冲宽度内通过的时钟脉冲计数来测定此时的脉冲宽度的方式。

②可在预先规定的 N 个等级的工作负载中作选择的脉冲电流流到施力线圈来大致地与荷重平衡，剩下的偏差由伺服系统平衡，流到施力线圈的电流值的测定，是通过对所选择的脉冲工作负载值与伺服系统的 PID 输出的 A—D 变换值的加权加法而进行的方式。

③全部藉 DC 伺服而使之平衡，对此时的电流值 A—D 变换的方式。

上述已有的方式中，①方式在分辨率与响应性方面存在限制。即流到施力线圈中的脉冲电流的周期因天平机械的固有振动频率而被限制为最大周期 2ms。若超过其，天平横梁就会剧烈地振动而无法工作。因此有必要根据时钟脉冲的计数来对在这 2ms 的周期以内变化的脉冲宽度进行测定，然而即使利用 30MHz 的时钟脉冲来对它计数也只有最大 60,000 个计数（以 2 进制而言即 16 位字长），这就成为采用通用 IC 场合的临界的分辨率。

又，②方式虽然可提高分辨率，但缺点是对于随时变化的重量

的测定和计量测定等，在超过伺服系统的测定范围的瞬间被规定在N个等级中的脉冲工作负载就会变化一级，这时因伺服系统的PID控制输出的响应性而产生一时的力的过补偿，发生天平机械晃动并且计量显示值一时有很大的变动。

还有，③方式的缺点是需要有高精度的A—D变换性能，要求伺服系统与A—D变换器两者有高稳定性，而且无法同时获得分辨率和稳定性。另外，模拟伺服机械一般来说，其电路的集成化存在某种程度的限制，且电路调整的地方多，因而此类模拟伺服机构的电子天平难以使产品的性能一致。

鉴于以上所述，本申请发明人独自提出这样的电子天平（特开平3—63526），在使脉冲电流流到施力线圈的同时，把用来检测天平平衡的荷重承载部的位移检测信号取样成数字信号输入，进行了数字PID（比例、积分、微分）运算后，由该运算结果决定应该流到施力线圈的脉冲电流的工作负载。

基于该方案中的电子天平，通过产生多种不同电流值的施力线圈电流，并分别送给脉冲工作负载数据，而产生多种电流值（脉冲幅度值）以及工作负载不同的脉冲电流并分别供给施力线圈，通过分别加权加法以提高分辨率。

该方式的优点是，尽管各脉冲电流装置的分辨率（位数）存在极限值，但作为整体的分辨率就要合计这些极限值，并且继续增加脉冲电流发生装置的数目和脉冲工作负载数据的区分数，从而可无限制地提高分辨率。

但另一方面，基于该方案的方式用于并不那么需要精度的电子天平时在成本上就不利了。

本发明的目的在于提供一种与基于前述方案的方式能同样获得比以往的各个方式高的分辨率，而且成本比前述方案的方式更低的电子天平。

为达到该目的，本发明的电子天平是把比相应天平显示位还小的容量位数（分辨率）所决定的工作负载的脉冲电流提供给施力线圈。另外，在规定时间内以规定比率使该脉冲电流的工作负载发生变化。这种脉冲电流的工作负载取决于在对检测天平平衡的位移传感器的输出进行PID运算后，在数据处理部中变换成为上述位数的脉冲工作负载数据。而且该脉冲工作负载数据被供给电流发生装置，使该输出的脉冲电流的工作负载变化。天平的显示值是将流入了施力线圈的脉冲电流的工作负载变换为质量值而获得的。

在基于这类比显示位还小的位数的脉冲电流流到施力线圈的情况下，其分辨率就会无法达到电子天平所必需的分辨率。但是该脉冲电流在规定的时间内以规定的比率变化时，在这时间里，与不给出这类变化的场合相比，仅在此刻流到施力线圈的电流会不同，因此，分辨率虚拟地提高。

例如当脉冲电流的周期为2ms时，在0.2秒间100个脉冲的电流流到施力线圈。假如使其工作负载仅增加此时的一个脉冲时，与使全部的脉冲仅增加1/100的情况等效，分辨率实质上可提高2位。即相对于在一种脉冲幅度值的脉冲电流单纯地流到一个施力线圈的情况下，假定用来测定其脉冲宽度的时钟脉冲为30MHz时，分辨率的极限为几万分之一，本发明其分辨率则提高为数百万分之一。而且本发明由于不必象前述方案那样产生多种脉冲电流供给施力线圈，因而比起前述方案在成本上有利。

而且在有干扰的情况下，在将PID输出变换为脉冲工作负载数据时，由于可藉助于软件来执行施行平均化处理再变换的措施或者若有一时的干扰就进行不改变脉冲工作负载的等项数据处理再产生脉冲工作负载信号的措施，因而显示值对于干扰的稳定性比已有的各方式大幅度地提高。

另外，假定在规定时间内给出工作负载变化的脉冲为多个时，

给出了这种变化的脉冲平均地分布于在这段时间里所产生的全部脉冲中，因而可望产生电磁力的变动会小，这时滤波会容易。

图 1 是示出本发明实施例结构的方框图；

图 2 是示出其 A—D 变换器 4 的具体电路结构例子的方框图；

图 3 是本发明实施例其作用的说明图；

图 4 是本发明别的实施例的位移传感器的结构图；

图 5 是示出本发明另一个实施例的主要电路结构的方框图；

图 6 是示出本发明又一个实施例的主要电路结构的方框图。

图 1 是示出本发明较好的实施例结构的方框图。

在该例中，天平机械 1 是公知的电磁力平衡式的荷重检测部，在该机械中，施力线圈 13 置于由磁通路（未图示）构成的磁场中，藉电流流到该施力线圈 13 产生的电磁力作用于与盘 11 相接的荷重承载部 12 上，按如下面所揭示的大小控制使之与盘 11 上的荷重 W 平衡。这里包括盘 11 的可动部最好是藉罗伯瓦尔机械（未图示，也可称作平行导轨）以约束其仅在垂直方向上运动。

上面提到的平衡是这样达到的，即由后面述及的微机 5 对检测天平机械 1 中荷重承载部 12 位移的位移传感器 14 所输出的数字变换数据进行数据处理，而使流到施力线圈 13 中的电流变化。

由位移传感器 14 构成的荷重承载部 12 的位移检测信号经前置放大器放大后，由 A—D 变换器变成数字，送到微机 5 中。在该图 1 中，为方便说明用方框图示把微机 5 分作其各个功能。即图 1 中示出的微机 5 的各功能框是模式化地示出了根据写入该微机 5 的 ROM 中的程序微机 5 所起的功能，微机 5 实际上是由 CPU、ROM 以及 RAM 等众所周知的硬件构成的。

用作 A—D 变换器 4 的实际电路如图 2 所示，可由输出一定周期锯齿波的锯齿波发生器 41，将该锯齿波发生器 41 与位移传感器 14 的输出进行输入的比较器 42，输入该比较器 42 的输出与时钟脉

冲的 AND 门 43，以及对经过该 AND 门 43 的时钟脉冲计数的计数器 44 构成。比较器 42 的输出形成为与输入信号大小相关的脉冲宽度信号，通过把该脉冲宽度信号作为门信号对时钟脉冲计数，就可在此矩齿波的每一周期中获得位移检测信号的数字变换数据。

数字化后的位移数据被送到 PID 运算部 51 中，在这里接受借助于数字运算的 PID 处理，就是比例、积分以及微分处理。而且该 PID 输出通过数据处理部 52 被送到脉冲工作负载变换部 53，在这里形成脉冲工作负载信号并将该信号送到脉冲电流发生部 2。还有数据处理部 52 输出的数据构成为在显示部 6 中以计量值显示。

脉冲电流发生部 2 是由稳恒电流发生电路 21 与依据脉冲工作负载变换部 53 输出的工作负载信号进行开闭的电子开关 22 构成，产生基于稳恒电流发生电路 21 输出的输出电流为一定的脉冲幅度值的，且具有与脉冲工作负载变换部 53 输出的数据相对应的工作负载的脉冲电流。该脉冲电流被送给施力线圈 13。即脉冲工作负载变换部 53 基本上对应于数据处理部 52 输出的数字数据，输出在一定周期内 H(高)、L(低)的比率变化的工作负载信号。从该脉冲工作负载变换部输出的工作负载信号对电子开关 22 开、关，该电子开关 22 对稳恒电流发生电路 21 输出的直流电流连续开关。藉此就可对应于数据处理部 52 的输出数据，使其工作负载变化的脉冲电流流到施力线圈 13。

本实施例的主要特征在于，假如所要求的天平分辨率是百万分之一时，脉冲工作负载变换部所形成的工作负载信号必须要 20 位而本实施例中则为 16 位。就是说，若脉冲工作负载变换部的时钟脉冲为 30MHz，脉冲工作负载周期为 2ms 时，则内部的计数值是 6 万计数=16 位，为极限值。而且该位数的不足部分，是通过如后面所述使工作负载信号周期地增加或减少而使实质上高分辨率的脉冲电流流到施力线圈 13。

另外，稳恒电流发生电路 21 所产生的电流，靠插入于天平机械 1 中的温度传感器 15 依据磁通路的永磁体的温度检测值进行温度补偿，以便使用与磁通路相等的比例变化。

接下来参照在图 3 中示出本发明实施例动作的电子开关 22 的开·关的时序图（即从脉冲工作负载变换部 53 输出的脉冲工作负载信号的波形）来详细地说明。

如前所述，脉冲工作负载变换部 53 中只得到 16 位的分辨率的工作负载信号，假如在 5000H 后面有 5001H，而天平的分辨率例如就有 20 位。

在这类结构中，如图 3(A)，(B) 中所示，用于形成 5001H 的脉冲工作负载信号的工作负载与 5000H 相比仅大于相应于 16 位分辨率的宽度  $t$ 。但便于说明，在这图 3 中，5000H 时的脉冲由符号 A，5001H 时的脉冲由符号 B 来表示。

使用这种分辨率信号的组成例如 16 进制的 50001H 的时候，脉冲工作负载变换部 53，如 (C) 中所示，16 次脉冲发生中以 5000H 的脉冲 A 为 15 次而 5001H 的脉冲 B 为 1 次的比例发生。还有在形成 50002H 的场合，脉冲工作负载变换部 53 在 16 次脉冲发生中以脉冲 A 为 14 次，脉冲 B 为 2 次的比例发生。而且如 (D) 中所示，脉冲工作负载变换部 53，若是 50008H，则在 16 次脉冲发生中，脉冲 A 以及脉冲 B 分别发生 8 次。象这样在 1 周期（16 次脉冲发生期间）中脉冲宽度大的脉冲 B 发生多次时，如图所示使脉冲 B 在 1 周期中平均地分散，在滤波上有利。即，以荷重承载部 2 为主的可动部因流过施力线圈 13 的脉冲电流而振动时，这种脉冲如上所述那样被平均化，这样是有利的。另外，使这类脉冲平均化地流过，这在采用使脉冲电流经过滤波电路直流化流到施力线圈 13 的方法的场合，在滤波时也会减少脉动的发生，因此是有利的。

依据上述的脉冲工作负载信号连续开关形成的，具有与荷重等

效上相等的实际电流值的脉冲电流，流到施力线圈 13 进而使天平机械 1 平衡时，A—D 变换器 4 的输出为 0，或是无法对负向测定类型的 A—D 变换器，例如图 2 的例子中先把刻度的 1/2 的计数值确定为基准，并连续控制脉冲工作负载值，以便成为该值，因而 A—D 变换器 4 的位数、线性以及间距变化等是不成问题的。就是说，A—D 变换器 4 是作为追踪天平机械 1 直到平衡状态的装置而起作用的，因而 0 稳定性是重要的。

另外，对于在以上实施例使用模拟型位移传感器 14 而对输出进行 A—D 变换的情况作以说明。若使用例如 CCD 线传感器 140 等数字型的传感器如图 4 所示作为该位移传感器，就不需要 A—D 变换器。还有在使用这类输入光信号的数字位移传感器的场合，将相应于荷重承载部 12 的位移变化的光信号经光学放大并送给传感器是有效的。因为，由位移传感器的分辨率所确定的最小净位移可变小，可与具有更高灵敏度的天平相适应。除了这类用光信号的外，还可采用依据分别固定在荷重承载部 12 与天平机械的固定部上的平行平板型电容器的容量变化，而把含有该电容器的振荡电路的振荡频率作为输出而使用的传感器；以及把线圈和铁氧体磁芯分别固定在固定部以及荷重承载部，因荷重承载部的位移使线圈的电感发生变化，把装配了该线圈的起振电路的起振频率作为输出使用的传感器。

还有对于本发明从以上的说明自会明白，PID 运算未必全部由数字运算来进行，如下所示的结构可以全部或部分进行模拟运算。

如图 5 中用方框图示出本发明其他实施例的主要部分电路结构那样，在该例中模拟型位移传感器 14 的输出由前置放大器 501 放大后，经过模拟 PID 运算电路 502 运算处理，该 PID 输出经 A—D 变换器 503 数字化后送给微机 504。而且由微机 504 依据该数字数据产生前面所述的脉冲工作负载信号。该例中的其他结构与图 1 中

示出的例子相同。

如图 6 中用方框图示出本发明另一个实施例的主要部分电路结构那样，在该例中模拟型位移传感器 14 的输出由前置放大器 601 放大后，经过模拟 PD 运算电路 602 运算处理，该 PD 输出经 A—D 变换器 603 数字化后送给微机 604。微机 604 通过数字运算该数字数据再积分形成 PID 信号，该信号同样地如前所述变换为脉冲工作负载信号。该图 6 所示的结构中，可在把前置放大器 602 的输出送到模拟 PD 运算电路 602 中的同时，另外达到数字化，送到微机 604 进行积分运算，而且可经过整形，使该积分结果与模拟 PD 运算结果的数字变换数据进行合成。

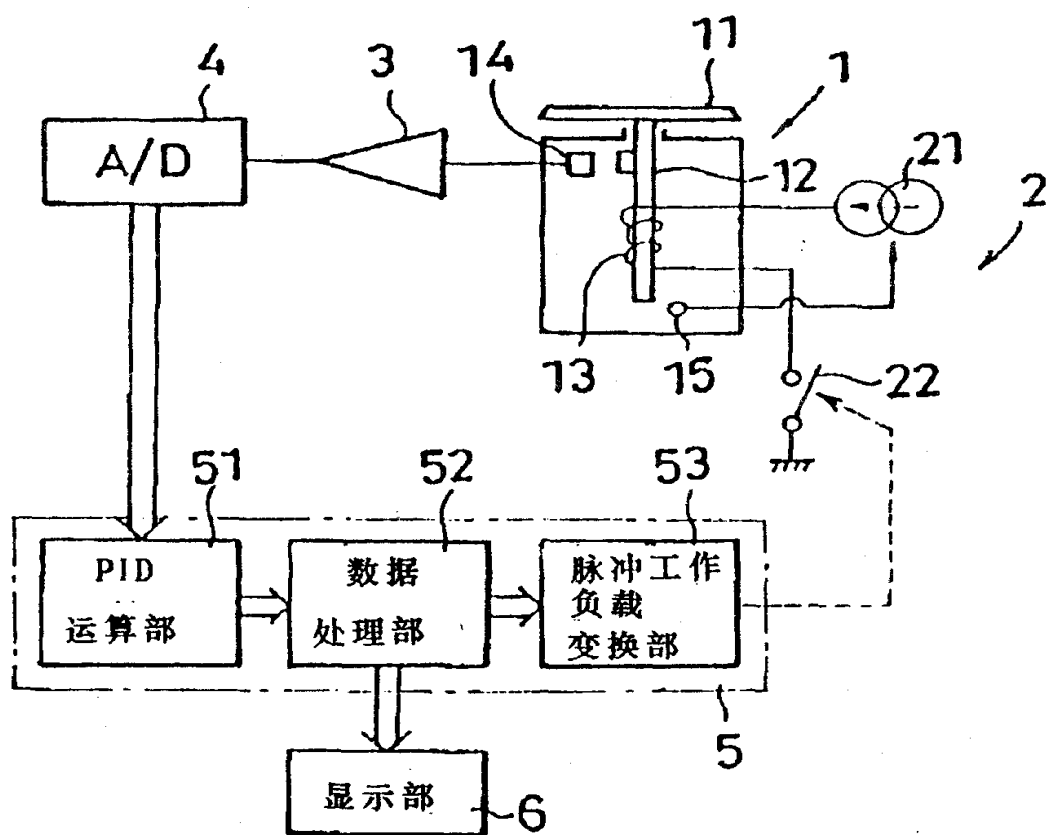


图 1

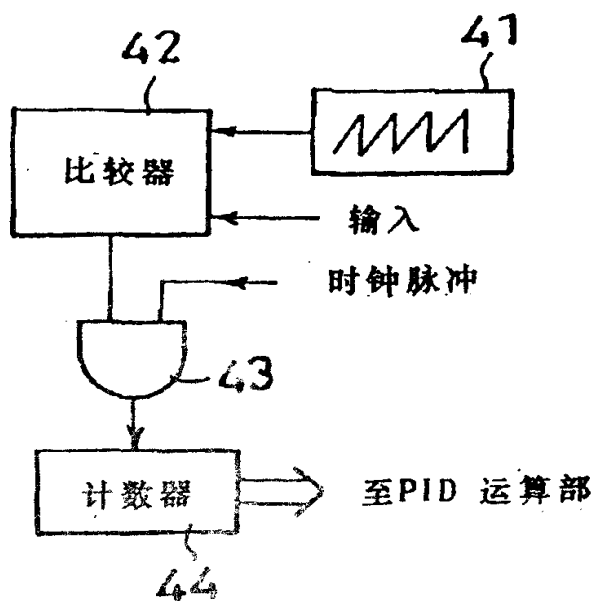


图 2

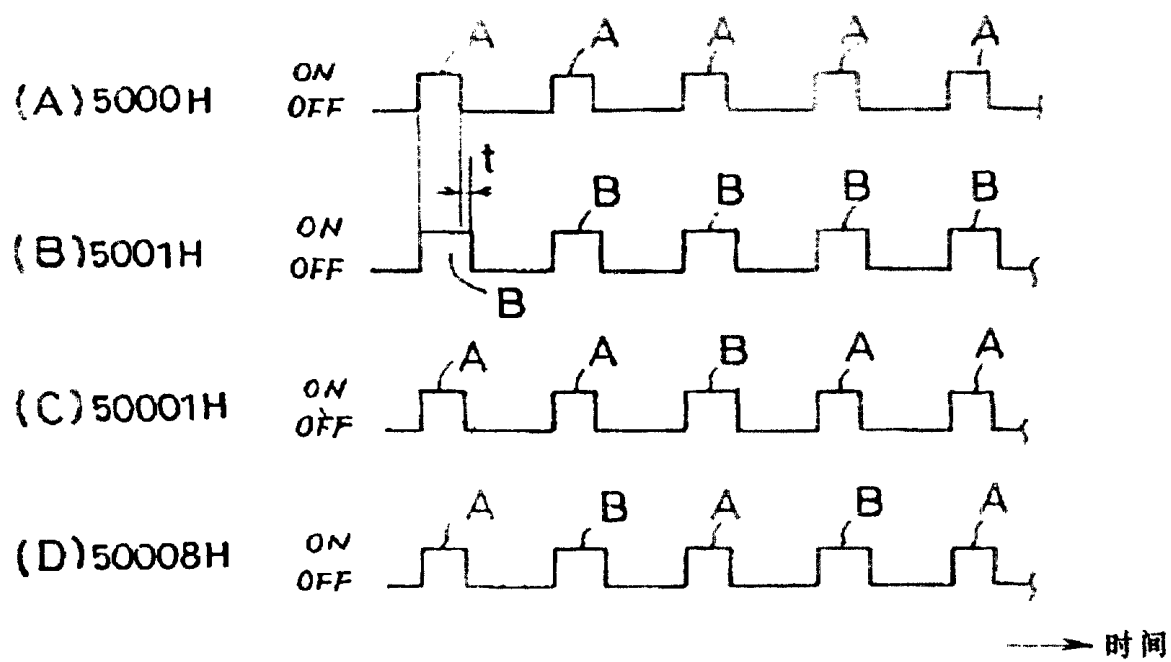


图 3

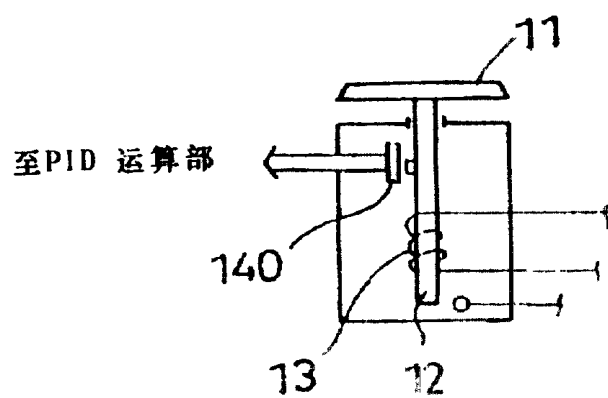


图 4

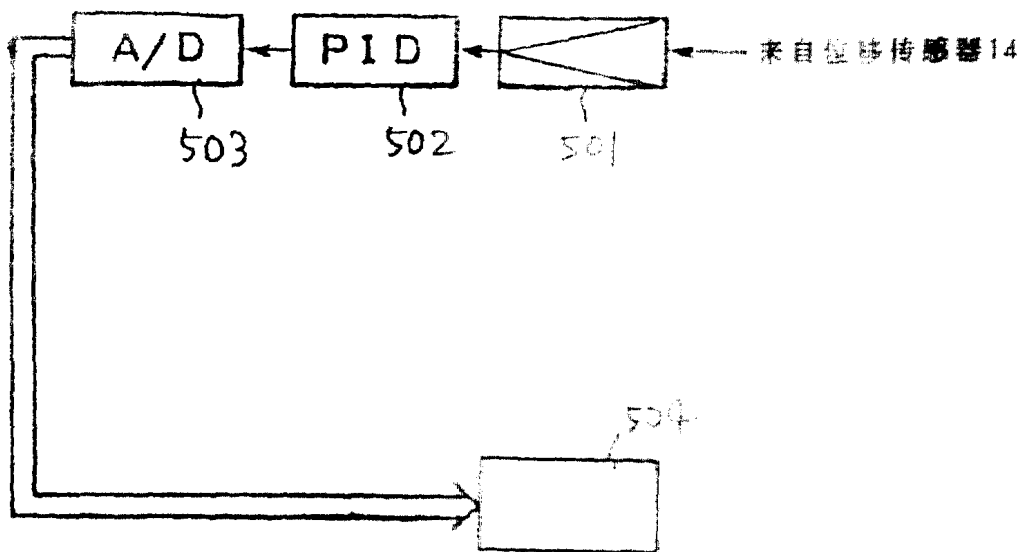


图 5

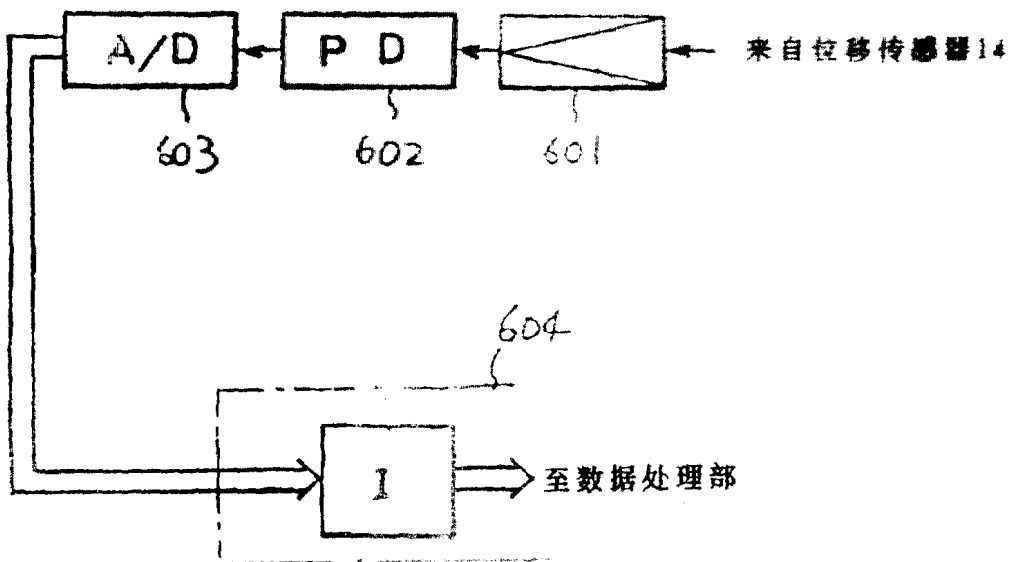


图 6