



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910105158.4

[43] 公开日 2009年7月15日

[11] 公开号 CN 101480347A

[22] 申请日 2009.1.20

[21] 申请号 200910105158.4

[71] 申请人 深圳市蓝韵实业有限公司

地址 518034 广东省深圳市福田区景田路碧  
景园E栋408-413室

[72] 发明人 蒋颂平 李春彬 兰海

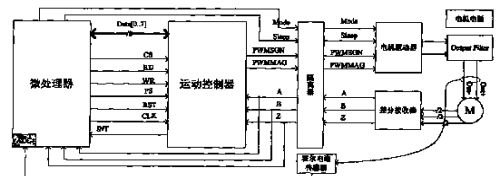
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

## [54] 发明名称

一种四维超声探头电机控制系统

## [57] 摘要

本发明公开了一种四维超声探头电机控制系统，包括微处理器、运动控制器、电机驱动器和编码器，所述微处理器、所述运动控制器和所述电机驱动器依次相连，所述电机驱动器与伺服电机相连，所述编码器与所述伺服电机的转轴相连，所述编码器的输出端分别与所述微处理器和所述运动控制器相连，所述微处理器用于向所述运动控制器发送控制所述伺服电机运动的指令，所述编码器用于向所述微处理器和所述运动控制器分别输出至少一路检测信号，所述运动控制器用于根据所述指令和所述检测信号向所述电机驱动器输出控制电机运动的控制信号，所述电机驱动器用于根据所述控制信号驱动所述伺服电机。



1、一种四维超声探头电机控制系统，其特征在于：包括微处理器、运动控制器、电机驱动器和编码器，所述微处理器、所述运动控制器和所述电机驱动器依次相连，所述电机驱动器与伺服电机相连，所述编码器与所述伺服电机的转轴相连，所述编码器的输出端分别与所述微处理器和所述运动控制器相连，所述微处理器用于向所述运动控制器发送控制所述伺服电机运动的指令，所述编码器用于向所述微处理器和所述运动控制器分别输出至少一路检测信号，所述运动控制器用于根据所述指令和所述检测信号向所述电机驱动器输出控制电机运动的控制信号，所述电机驱动器用于根据所述控制信号驱动所述伺服电机。

2、根据权利要求 1 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在于：所述编码器输出第一脉冲信号、第二脉冲信号和第三脉冲信号，由第一脉冲信号和第二脉冲信号的相位差确定所述伺服电机的转动方向，由第三脉冲信号确定所述伺服电机的转动是否经过设定的零点。

3、根据权利要求 2 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在于：所述微处理器内设置正交解码脉冲电路 QEP。

4、根据权利要求 3 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在于：还包括差分接收器，所述差分接收器的输入端连接所述编码器，其输出端连接所述微处理器和所述运动控制器。

5、根据权利要求 4 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在于：还包括霍尔电流传感器和模数转换器，所述霍尔电流传感器与所述模数转换器相连，所述模数转换器与所述微处理器相连。

6、根据权利要求 5 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在

于：还包括隔离器，所述隔离器分别与所述微处理器、所述运动控制器、所述电机驱动器和所述差分接收器相连。

7、根据权利要求 6 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在于：所述伺服电机设为直流伺服电机。

8、根据权利要求 7 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在于：所述电机驱动器设为 H 桥功率放大电路。

9、根据权利要求 8 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在于：所述 H 桥功率放大电路的输出端连接滤波器。

10、根据权利要求 9 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在于：所述编码器设为增量式光电编码器。

11、根据权利要求 10 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在于：所述运动控制器设为增量式 PID 运动控制调节器。

12、根据权利要求 11 所述的四维超声探头电机控制系统，其特征在于：所述隔离器设为芯片 ISO7240，所述 H 桥功率放大电路设为芯片 A3949。

## 一种四维超声探头电机控制系统

### 技术领域

本发明涉及超声成像设备技术领域，具体涉及一种四维超声探头电机控制系统。

### 背景技术

在超声成像系统中，普通探头得到的图像是二维的图像，如果要得到四维图像，就需要使用特殊的超声探头—四维超声探头。四维超声探头是由普通的超声换能器加上电机以及传动装置构成的。当电机驱动传动装置使超声换能器围绕一个轴产生摆动，在超声换能器摆动的过程中，发射模块向超声换能器施加发射电压，使之发出超声波，该超声波在人体内传播时，会在体内组织间的不均匀面上产生反射，通过接收这些反射回波信号可以探测人体内不均匀组织的分布情况。通过这些回波信号，超声成像系统可以构建出探测部位的实时三维图像，即四维图像。显然，为了得到准确的四维图像，必须准确地知道超声换能器发射和接收超声波信号时，超声换能器所处的位置或者说超声换能器所偏移的角度。在这种情况下，步进电机是一个很好的选择，步进电机是将电脉冲信号转变为角位移或线位移的开环控制元件。在非超载的情况下，电机的转速、停止的位置只取决于脉冲信号的频率和脉冲数，而不受负载变化的影响，即给电机加一个脉冲信号，电机则转过一个步距角。这一线性关系的存在，加上步进电机只有周期性的误差而无累积误差等特点，非常适合于需要进行电机速度、位置控制的四维超声探头使用。

但是由于步进电机安装在四维超声探头内部，和超声换能器空间位置上很接近，并且步进电机只能使用电脉冲信号进行控制，而超声回波信号一般很微弱，很容易受这些电脉冲信号干扰，影响超声图像的成像质量。还有一个问题，由于步进电机是一个开环控制元件，不存在反馈环节，如果发生失步（电机运转时运转的步数，不等于理论上的步数，称之为失步），电机控制器也无法得知，导致超声换能器的实际位置和理论位置有偏差。最后，步进电机工作过程中，容易产生振动，并发出噪音，会给超声系统的操作者一种不舒服的感觉。

## 发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种四维超声探头电机控制系统，克服现有技术的四维超声探头使用步进电机，因此无法通过电机控制系统进行闭环控制的缺陷。

本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案为：

一种四维超声探头电机控制系统，包括微处理器、运动控制器、电机驱动器和编码器，所述微处理器、所述运动控制器和所述电机驱动器依次相连，所述电机驱动器与伺服电机相连，所述编码器与所述伺服电机的转轴相连，所述编码器的输出端分别与所述微处理器和所述运动控制器相连，所述微处理器用于向所述运动控制器发送控制所述伺服电机运动的指令，所述编码器用于向所述微处理器和所述运动控制器分别输出至少一路检测信号，所述运动控制器用于根据所述指令和所述检测信号向所述电机驱动器输出控制电机运动的控制信号，所述电机驱动器用于根据所述控制信号驱动所述伺服电机。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中所述编码器输出第一脉冲信号、第二脉冲信号和第三脉冲信号，由第一脉冲信号和第二脉冲信号

的相位差确定所述伺服电机的转动方向，由第三脉冲信号确定所述伺服电机的转动是否经过设定的零点。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中所述微处理器内设置正交解码脉冲电路 QEP。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中还包括差分接收器，所述差分接收器的输入端连接所述编码器，其输出端连接所述微处理器和所述运动控制器。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中还包括霍尔电流传感器和模数转换器，所述霍尔电流传感器与所述模数转换器相连，所述模数转换器与所述微处理器相连。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中还包括隔离器，所述隔离器分别与所述微处理器、所述运动控制器、所述电机驱动器和所述差分接收器相连。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中所述伺服电机设为直流伺服电机。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中所述电机驱动器设为 H 桥功率放大电路。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中所述 H 桥功率放大电路的输出端连接滤波器。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中所述编码器设为增量式光电编码器。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中所述运动控制器设为增量式 PID 运动控制调节器。

所述的四维超声探头电机控制系统，其中所述隔离器设为芯片

ISO7240, 所述 H 桥功率放大电路设为芯片 A3949。

本发明的有益效果: 本发明四维超声探头电机控制系统实现了对四维超声探头中伺服电机的闭环控制, 对伺服电机的运动控制精确, 避免了电机运行过程中对超声回波信号的干扰, 当使用直流伺服电机时也避免了噪音的产生, 同时也大大减小了电机震动的几率, 是四维超声探头电机控制系统的一大进步。

### 附图说明

本发明包括如下附图:

图 1 为本发明四维超声探头电机控制系统示意图;

图 2 为本发明使用的差分接收器示意图;

图 3 为本发明编码器输出信号时序图;

图 4 为本发明增量式 PID 运动控制调节器计算模型示意图;

图 5 为本发明使用的 H 桥功率放大电路示意图;

图 6 为本发明微处理器主程序流程图;

图 7 为本发明微处理器中断响应函数流程图。

### 具体实施方式

下面根据附图和实施例对本发明作进一步详细说明:

如图 1 所示, 本发明四维超声探头电机控制系统包括微处理器、运动控制器、电机驱动器和编码器, 微处理器、运动控制器和电机驱动器依次相连, 电机驱动器与伺服电机相连, 编码器与伺服电机的转轴相连, 编码器的输出端分别与微处理器和运动控制器相连, 微处理器用于向运动控制器发送控制伺服电机运动的指令, 编码器用于向微处理器和运动控制器分别输出至少一路检测信号, 运动控制器用于根据指令和检测信号向电机驱动器输出控制电机运动的控制信号, 电机驱动器用于根据控

制信号驱动伺服电机。

本发明采用微处理器负责伺服电机位置环的处理，同时负责电机的启动、停止以及接收其他应用系统的命令，并完成运动控制器的初始化。运动控制器内部硬件电路完成系统的位置环、速度环控制，最终产生 PWM ( Pulse Width Modulation, 脉冲宽度调制) 驱动信号，以完成对电机驱动器的开关控制；采用霍尔传感器对电机电流采样，以实现过流保护。系统采用增量式光电编码器测量电机位置和速度信号，增量式光电编码器的输出经过差分接收器进入微处理器和运动控制器。为了增强系统的抗干扰性，采用隔离器将系统的控制部分和功率部分进行隔离。

### 位置反馈回路

超声成像系统需要电动机的位置信息以进行四维图像的合成，而且电机控制系统也需要准确得位置信息以进行控制电压的调整。本系统的位置检测器采用增量式光电编码器，输出的 A+、A-、B+、B-、Z+、Z- 六路差分信号，如图 2 所示，为了进一步消除干扰，在输入端每根线上都加上一个滤波电容，在两根差分的信号线之间接一个用于线路阻抗匹配的电阻，以减小高频数字信号引起的反射噪声。然后，送入差分接收器，最后输出有关转速、转向、原点位置及相对角位移的数字信号 A、B、Z。A、B、Z 的信号时序图如图 3 所示。A、B 信号是 2 个互差 90 度的脉冲序列，从 A、B 信号的相位差可以得到电机的转动方向，即 Dir 的值。从 A、B 信号的脉冲个数可以得到电机的转动距离，进而按照公式 1 计算出转动速度。从 Z 信号可以得到电机转动是否经过零点。

$$v(k) = \frac{x(k) - x(k-1)}{T} \quad \text{公式 1}$$

式中， $v$  表示速度，单位为脉冲数/秒； $x$  表示位置，单位为脉冲数， $T$  表示固定的采样周期，单位为秒； $k$  表示离散的时间序列。公式 1 表

示一个采样周期内光电编码器发出的脉冲数与采样周期的比值，就是该采样周期内的平均速度。

A、B、Z 三个信号输入到运动控制器，使其获得位置反馈信号，得以实现对伺服直流电机的闭环控制。同时，还将位置反馈信号送入微处理器中进行后处理，以得到超声换能器的摆动位置信息。很多微处理器中实现了正交解码脉冲电路(Quadrature Encoder Pulse, QEP 电路)，例如 TMS320F2407A 的事件管理模块中就具有正交解码脉冲电路。当 QEP 电路被使能时，会对引脚 QEP1 和 QEP2 上的正交编码输入脉冲进行解码和计数。这样对位置的检测不需要其他外围电路，电路简单可靠。从上述可以看出，位置环的有关硬件设计简单可靠。

### 伺服电机运动控制

作为位置伺服系统，在定位控制中，必须保证以下 3 个方面的要求：定位精度，要求系统稳态误差为零；定位速度，要求系统有尽可能高的动态响应速度；要求系统位置响应无超调。本系统中，采用增量式 PID 运动控制调节器：按照给定变化进行控制，当给定的变化出现时，调节器立刻根据其性质和大小对被控参数进行控制，使被控量能及时跟随给定值的变化，大大减小控制的滞后。增量式 PID 是由 PID 算法演变而来的，PID 的基本算式如公式 2 所示：

$$y = K_p \left[ e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad \text{公式 2}$$

式中， $e(t)$  为调节器输入函数，即给定量与输出量的偏差； $y$  为调节器输出函数， $K_p$  为比例系数； $T_i$  为积分时间常数； $T_D$  为微分时间常数。其中，第一项是比例项，提供一个与位置误差成比例的电压。第二项是积分项，提供一个随时间增长的电压，这样才能确保静态位置误差为零。即使有一个持续的扭矩，最终电机仍能实现零误差。第三项是微分项，

提供一个与误差变化速率成比例的电压，预测误差的变化。

经将连续形式的微分方程（公式2）变换为离散形式的差分方程，即PID控制规律的离散化形式：

$$u(k) = K_p \left[ e(k) + \frac{1}{T_i} \sum_{i=0}^k e_i(t)T + T_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \right] \quad \text{公式 3}$$

式中， $u(k)$ 为采样时刻 $k$ 时的输出值， $e(k)$ 为采样时 $k$ 时的偏差值， $e(k-1)$ 为采样时刻 $k-1$ 时的偏差值， $T$ 为采样周期。该式对应于被控对象的执行机构每次采样时刻应达到的位置，因此称为PID位置控制算式。式中输出值 $u(k)$ 与过去所有状态有关，计算时要占用大量的内存和花费大量的时间。为避免此情况，故需采用增量型控制，即输出量是两个采样周期之间输出增量 $\Delta u(k)$ 。PID增量式控制算式为：

$$\begin{aligned} \Delta u(k) &= u(k) - u(k-1) \\ &= K_p \left\{ e(k) - e(k-1) + \frac{T}{T_i} e(k) + \frac{T_D}{T} [e(k) - 2e(k-1) + e(k+2)] \right\} \quad \text{公式 4} \end{aligned}$$

为加快计算速度，可将上式进行算式简化合并整理为：

$$\begin{aligned} u(k) &= \Delta u(k) + u(k-1) \\ &= u(k-1) + K_p \left\{ e(k) - e(k-1) + \frac{T}{T_i} e(k) + \frac{T_D}{T} [e(k) - 2e(k-1) + e(k+2)] \right\} \\ &= u(k-1) + K_p \left[ 1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_D}{T} \right] e(k) - K_p \left[ 1 + \frac{2T_D}{T} \right] e(k-1) + K_p \frac{T_D}{T} e(k-2) \\ &= u(k-1) + a_0 e(k) - a_1 e(k-1) + a_2 e(k-2) \quad \text{公式 5} \end{aligned}$$

式中，系数 $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 可先进行计算，然后代入再进行程序运算。电机的运动控制都是在运动控制器内部完成的，运动控制器主要实现一个增量式PID运动控制调节器，其计算模型如图4所示。

## 保护隔离电路

保护电路主要是为了防止电机的电流过载而导致电机烧毁。电流测

量采用霍尔电流传感器 (Hall Current sensor)。当电流流经霍尔电流传感器时, 霍尔电流传感器就输出一个与电流值成正比的电压。而由于不需要在电流路径上串联取样电阻, 也就不会使电源电压发生变化。使用霍尔电流传感器还有一个优点, 由于这种测量方式是非接触式的, 使得测量者与被测量对象是隔离的, 可以将功率部分与控制部分隔离开来, 以免电机电源部分对数字电源部分的工作有影响。霍尔电流传感器的输出通过 ADC (Analog Digital Converter) 到微处理器, 由微处理器判断是否电机的电流是否超过上限, 如果超过限制, 则使 Mode 信号有效, 使电机降速; 如果将电机降速后, 电流还是超过限制, 则使 Sleep 信号有效, 关闭电机驱动器, 使电机停止运转。

为防止功率部分对控制部分产生干扰, 必须将两个部分进行电气隔离, 保护微处理器和运动控制器并减少功率部分干扰。由于需要隔离的 7 个信号: Mode、Sleep、PWMSGN、PWMMAG、A、B、Z 都是数字信号, 而且都是单向传输, 这种情况下隔离就比较简单, 本发明使用集成隔离芯片 ISO7240 进行隔离。

### 电机驱动器与输出滤波

电机驱动器采用 H 桥功率放大电路, 该电路能将输入的 PWMSGN、PWMMAG 信号转为能驱动直流电动机的功率信号。由于四维超声探头使用的电机功率不大, 目前已经有很多集成的 H 桥功率放大电路, 如 A3949。以电机驱动芯片为核心, 只要增加少量无源器件即可实现电机驱动器, 结构简单, 如图 5 所示, 外围只需要几个电容。电机驱动芯片内部集成了控制逻辑, 只要向 PHASE 和 ENABLE 引脚施加 PWMMAG 和 PWMSGN 控制信号, 控制逻辑对其进行逻辑运算后驱动 H 桥, 即可控制直流电机的速度和方向, 简化了硬件结构和软件设计。同时电机驱动芯片整合了低导通电阻的 DMOS 输出与内部同步校正控制, 从而更加

降低了功率损耗。

为了减少电机运行过程中的 EMI (Electro Magnetic Interference, 电磁干扰), 在电机驱动芯片的输出端接上滤波器, 如图 5 所示, 这样能够有效地减少 EMI。

## 微处理器

微处理器的作用主要有三个:

- 1、 初始化运动控制器, 并适时更新运动控制器的参数;
- 2、 读取当前电机的运动位置;
- 3、 检测电机的运行状态, 是否过载。

微处理器与运动控制器的连接如图 1 所示。微处理器的 8 位数据线与运动控制器的 8 位并行数据线相连, 将运动控制器作为微处理器的外围接口扩展芯片, CS、RD、WR 作为它的片选、写、读信号。另外, PS 作为命令和数据的区分信号; RST 为运动控制器的复位信号; CLK 是运动控制器的工作时钟, 也有微处理器提供, 这样就能控制运动控制器的工作, 当 CLK 无效时, 运动控制器就不工作。HI 是运动控制器输出的, 用于指示运动控制器是否完成了预设的位置运动控制, 这样可以提示微处理器更新运动控制器的位置参数, 以进行新的位置控制。在电动机运行过程中, 微处理器要实时访问运动控制器的寄存器并进行配置, 因此它们之间的通信对可靠性和快速性的要求就比较高。本发明采用并口方式, 实现微处理器与运动控制器的准确、可靠通信。

如图 1 所示, 微处理器还有两条信号线 Mode、Sleep 直接到电机驱动器, 用于紧急情况下, 使电机降速或关闭电机。

如图 1 所示, 微处理器接收 A、B、Z 三个信号, 用于内部计算电机的位置, 为四维超声图像的合成提供位置参数。

如图 1 所示, 微处理器还检测电机的工作电流, 以确保电机工作在

正常状态下。

微处理器运行的主程序的流程图如图6所示。主程序主要负责运动控制器的初始化、参数的更新、以及运动控制器内部故障的检查。由于四维超声探头需要电机做往复摆动，我们希望电机完成了本次运动控制后，到开始下次运动控制时所等待的时间越短越好。因此在运动控制器中，采用双缓冲寄存器，即有两组相同的寄存器用于实现相同的功能，但是每次只有一组寄存器内的参数用于运动控制。这样，可以将一组控制参数写入第一寄存器组，然后启动‘启用新参数’的命令，则运动控制器自动将第一寄存器组的参数转移到第二寄存器组，并立即开始运动控制。此时，可以将另一组新的控制参数再写入第一寄存器组，但是不发送‘启用新参数’的命令，直到确认运动控制器已经完成当前的运动控制，当前的控制参数已经失效，再发送‘启用新参数’，启用新的控制参数，这样就可以减少电机停顿的时间。

图7所示的程序是微处理器定时中断响应函数，当定时器的定时到，本程序被微处理器执行，完成电机位置的采集以及电机电流的检测，并判断电机是否过载。

本领域技术人员不脱离本发明的实质和精神，可以有多种变形方案实现本发明，以上所述仅为本发明较佳可行的实施例而已，并非因此局限本发明的权利范围，凡运用本发明说明书及附图内容所作的等效结构变化，均包含于本发明的权利范围之内。

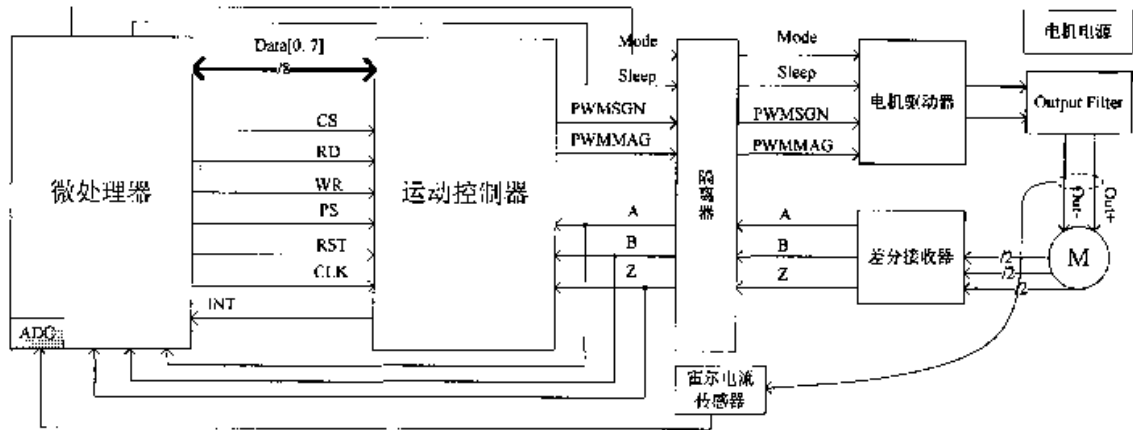


图1

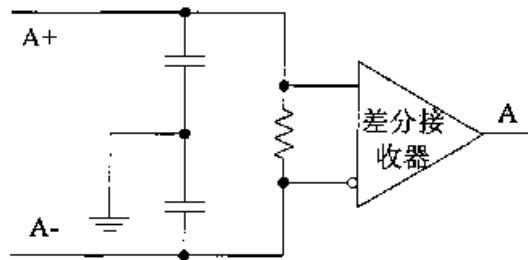


图2

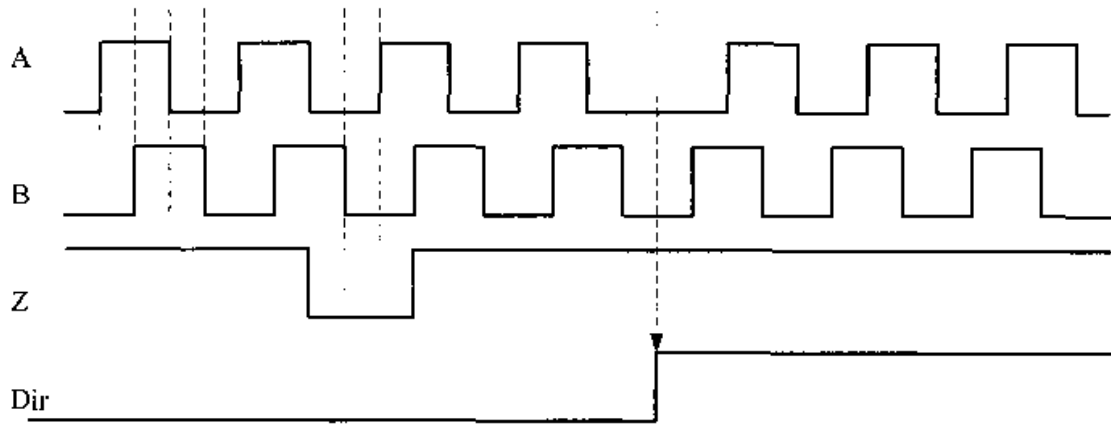


图3

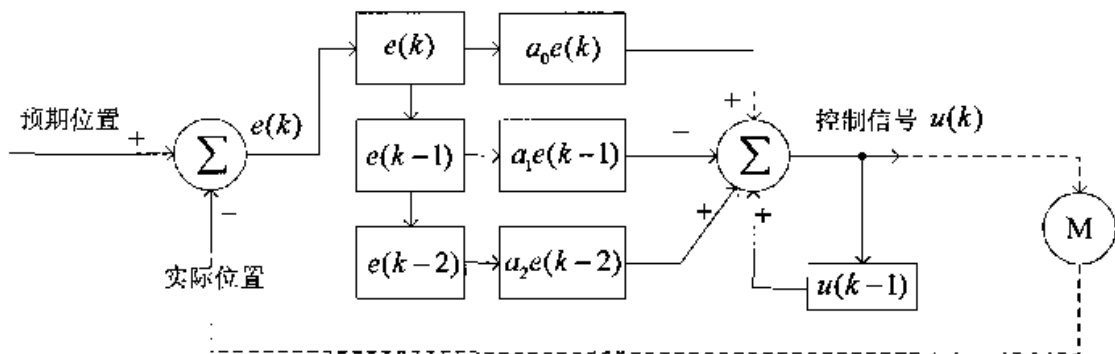


图4

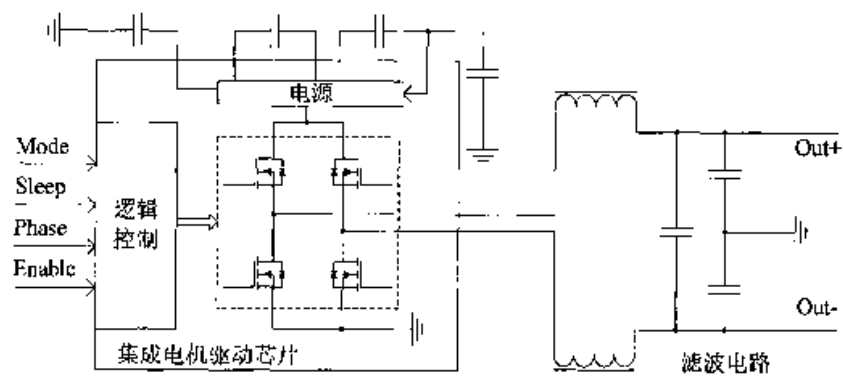


图5

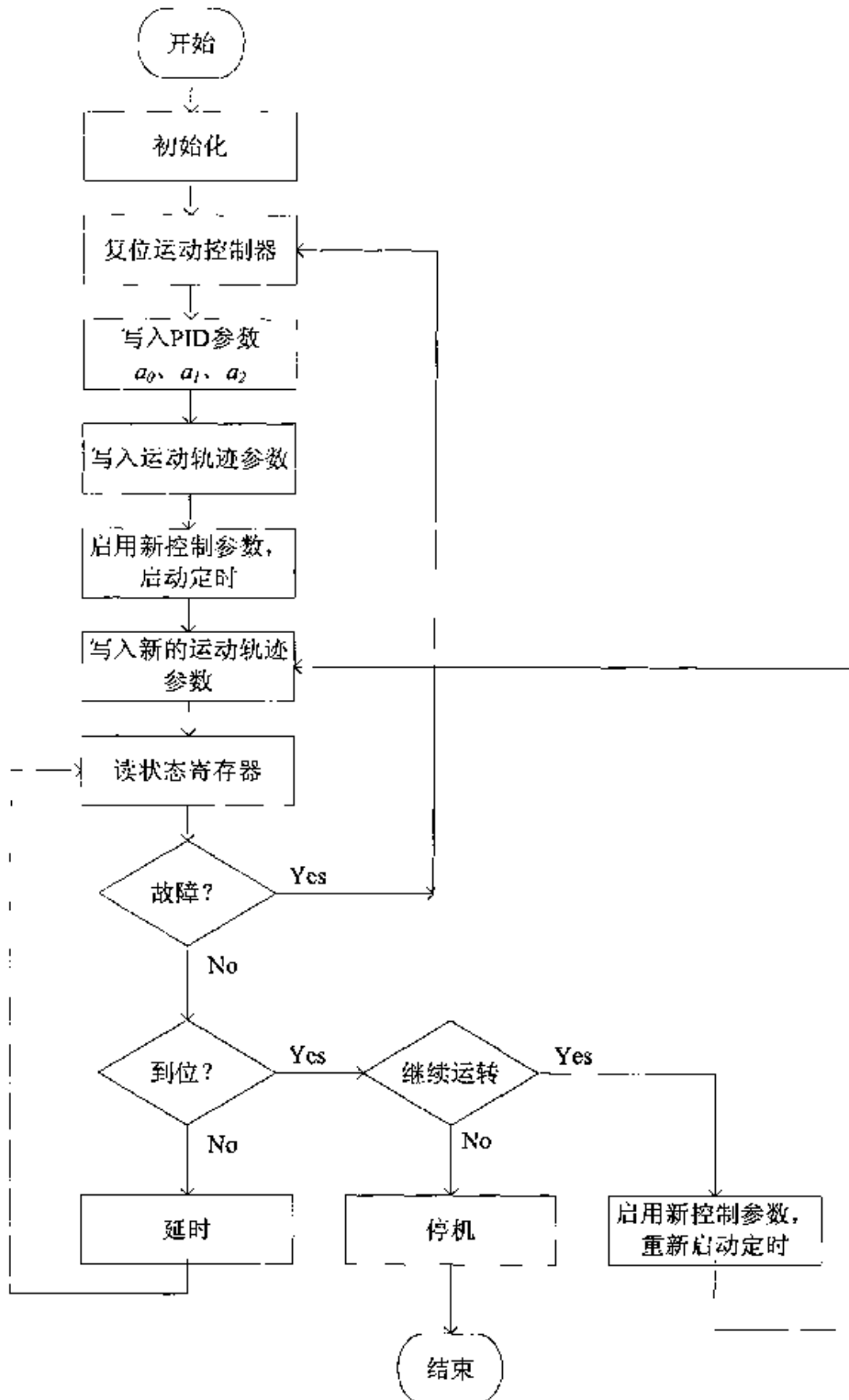


图6

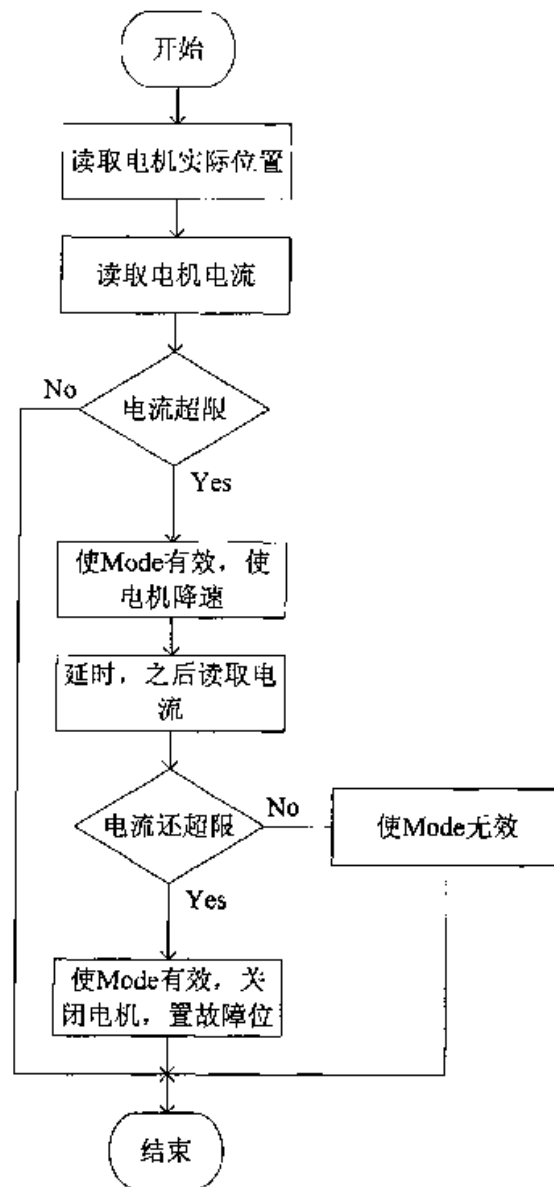


图7

专利名称(译)	一种四维超声探头电机控制系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN101480347A</a>	公开(公告)日	2009-07-15
申请号	CN200910105158.4	申请日	2009-01-20
[标]申请(专利权)人(译)	深圳市蓝韵实业有限公司		
申请(专利权)人(译)	深圳市蓝韵实业有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	深圳市蓝韵实业有限公司		
[标]发明人	蒋颂平 李春彬 兰海		
发明人	蒋颂平 李春彬 兰海		
IPC分类号	A61B8/13		
其他公开文献	CN101480347B		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种四维超声探头电机控制系统，包括微处理器、运动控制器、电机驱动器和编码器，所述微处理器、所述运动控制器和所述电机驱动器依次相连，所述电机驱动器与伺服电机相连，所述编码器与所述伺服电机的转轴相连，所述编码器的输出端分别与所述微处理器和所述运动控制器相连，所述微处理器用于向所述运动控制器发送控制所述伺服电机运动的指令，所述编码器用于向所述微处理器和所述运动控制器分别输出至少一路检测信号，所述运动控制器用于根据所述指令和所述检测信号向所述电机驱动器输出控制电机运动的控制信号，所述电机驱动器用于根据所述控制信号驱动所述伺服电机。

