

安防摄像机中的 步进电机应用和驱动器

■ 文 / Arthur Gonsky 安森美半导体

摘要: 本文介绍了步进电机和步进电机控制系统的基本原理, 包括步进电机的物理学、基本控制系统的电子学和适用于电机控制的软件架构。

引言

步进电机可被看作是无需换向的电动马达。通常情况下, 电机中的所有绕组是定子的一部分, 转子是个永磁体, 在可变磁阻电机中, 转子是一些软磁材料的齿块。所有换向必须由电机控制器在外部处理, 通常情况下, 电机和控制器被设计, 令电机可保持在任意固定位置, 向一个方向或另一个方向旋转。正如我们所知, 大多数步进机可以音频频率步进, 这令它们能很快旋转, 使用合适的控制器, 它们可立即在控制的方向启停。

步进电机主要用于定位应用, 但它们并不是提供这功能的唯一工具。下面是用于定位的常见的电机选择的基本信息。请注意, 可能还有其它的选择如

AC 感应电机或压电电机, 但列出的这三大电机类型代表了针对通用运动控制的当今使用的绝大多数应用。

1. 步进电机——这些电机是自定位的, 因而使用简单。它们既不需要编码器来保持位置, 也无需伺服控制回路。它们的主要缺点是振动和噪声以及有限的速度范围。像无刷直流电机必须在外部使用多相驱动器“换向”。

2. 直流有刷电机——这些电机需要一个位置编码器用于反馈, 和使用一个 PID(比例、积分和微分)控制器或其它位置回路控制器来稳定。这些电机无需外部相位调整, 给它们提供一些电流就可以了。但是在电机内部完成换向的机械刷可能最终磨损和失效。

3. 无刷直流电机——这些电机需要带有编码器的伺服控制, 用于反馈及外部电子换向。它们无刷但在较大速度范围提供高转矩。相较直流有刷电机, 当今的无刷直流电机因为降低过去更高的成本, 提供在伺服控制应用中的“go to”选择。

对于某些应用, 需要在使用伺服电机和步进电机之间作选择。这两类电机可能提供相似的精确定位, 但它们的方式不同。伺服电机需要某种类型的模拟反馈控制系统。通常情况下, 这包括一个电位器来提供关于转子位置的反馈, 和一些混合电路通过电机来驱动电流, 这电流与所需位置和当前位置之间的差异成反比。

在步进电机和伺服电机之间作选



择时必须考虑一些问题；选择哪个将取决于应用。例如，使用步进电机完成定位的可重复性取决于电机转子的几何形状，而使用伺服电机完成定位的可重复性一般取决于电位器和反馈电路中其它模拟元件的稳固性。

步进电机可用于简单的开环控制系统，它们用于以低加速度及静态负载工作的系统一般是足够的，但对于高加速度，特别是如果它们涉及可变负载，那么闭环控制可能是必不可少的。如果在开环控制系统中的步进电机是超转矩的，转子位置的所有信息都被丢失，那么系统必须重新初始化。伺服电机不受这问题影响。

一、步进电机类型简介

步进电机有两种，永磁和可变磁阻（还有混合电机，从控制器的角度，它与永磁电机没有区别）。如果电机上没有标签，可在未提供电源时大致凭感觉辨别这两者。当用手指扭转转子时，永磁电机往往“钝齿”，而可变磁阻电机几乎自由旋转（虽然它们由于转子顽磁可能轻微钝齿）。也可使用欧姆表区分这两种电机。可变磁

阻电机通常有 3 个（有时 4 个）绕组，及一个返回值，而永磁电机通常有两个独立绕组，带或不带中心抽头。中心抽头绕组用于单极永磁电机。

步进电机有宽范围的角分辨率。粗糙的电机通常每步转 90 度，而高分辨率的永磁电机通常能处理每步 1.8 度或甚至 0.72 度。使用适合的控制器，大多数永磁电机和混合电机可以半步运转，并且某些控制器可处理更小的分步或微步。

对于永磁步进电机和可变磁阻步进电机，如果只有电机的一个绕组通电，转子（在空载下）将捕捉到一个固定的角度，然后保持该角度，直到转矩超过电机的转矩，此时，转子将转向，试图保持在每一连续的平衡点。

可变磁阻——这种电机不使用永磁体。因此，转子可无约束地或无“钳制”转矩的移动。这种构造最不常见，一般用于无需高度转矩的应用，如载物片的定位。

永磁——也被称为“canstack”或“tincan”电机，该设备有个永磁转子。它是个相对低速、低转矩的设备，有 45 度或 90 度的大步距角。

这简单的构造使这些电机的制造成本很低，令其适用于低功率应用。

混合步进——这版本的步进电机巧妙地结合了可变磁阻和永磁两种类型。

二、步进电机基本原理

1. 步进电机的特性

旋转角度与输入脉冲数成正比；
旋转速度与输入脉冲的频率成正比；
开环系统无需位置反馈；对加速、减速和步进指令的极佳响应；非累积定位误差（±5% 的步距角）；卓越的低速和高转矩特性，无需齿轮减速器；在通电时保持转矩；固有的钳制转矩；双向运转；可停止而不损坏电机；无刷用于更长的无故障使用时间；精密的球轴承（取决于品牌 / 类型）。

2. 步进电机的缺点

如果控制不正确会发生共振；在极高速度下不易操作；如果超转矩，位置的所有信息都被丢失，系统必须重新初始化；生产比等效的直流 / 交流电机的给定尺寸更小的转矩。

3. 步进模式

步进电机可以多种不同序列被驱动。最常见的是：



波驱动 在这种模式下, 在任意给定时间只有一个相位被激励。这意味着对于单极电机只有 25% 的可用绕组被利用, 对于双极电机只有 50% 的可用绕组被利用。

整步驱动 在这种模式下, 在任意给定时间两个相位都被激励。这意味着对于单极电机有 50% 的可用绕组被利用, 对于双极电机有 100% 的可用绕组被利用。

半步驱动 在这种模式下, 波驱动和整步驱动序列交替进行, 使转子能在半步内对齐。这意味这对于单极电机平均有 37.5% 的可用绕组被利用, 对于双极电机平均有 75% 的可用绕组被利用。

三、步进电机的应用

步进电机应用领域非常广泛, 主要有四个方面:

1、工业机器 步进电机用于汽车仪表和机床自动化生产设备。机器人制造、检验和工艺流程。

2、安防 安防业新的监控产品, 包括安防摄像机 PAN/ZOOM/TILT。

3、医疗 步进电机用于医用扫描仪、采样器, 还有在数字口腔摄影中见到的液压泵、呼吸机和血液分析仪。

4、消费电子 步进电机在摄像机中提供自动数码相机对焦和变焦功能。此外, 还有商用机器应用、电脑周边应用。

四、安森美半导体步进电机驱动器方案

随着更加注重安防、医疗和工业应用, 以及降低系统级设计和组装成本, 所有制造商都转向更高的整合水平及降低总体成本。数字世界中的高度整合并不是新鲜事, 每 18 个月就会翻倍, 集成电路的尺寸缩小近 50%。在电机通常处于的电源模拟世界中, 似乎不是那么简单, 需要考虑

电机马力、在电机驱动过程中的散热和杂散电流, 驱动器必须是高效率的, 小型的和易于集成到一个模拟电机世界里。

重视成本、精度和易用性的世界已转至步进电机应用。如前几段所述, 步进电机理论上是一大简化的奇迹。它无刷或接触, 基本上是个同步电机, 使用电子磁场切换至旋转电枢磁体。它将数字脉冲转换为机械轴旋转, 换言之它是个“数字电机”。

控制步进电机中的电流:

使用 H 桥控制 2 个电机线圈中的电流——电压模式 (如图 1 所示)。

步进电机驱动器必须取决于以下关键因素:

1. 转矩 / 转矩能效 转矩是绕轴旋转物体的力。产生转矩需要两个元

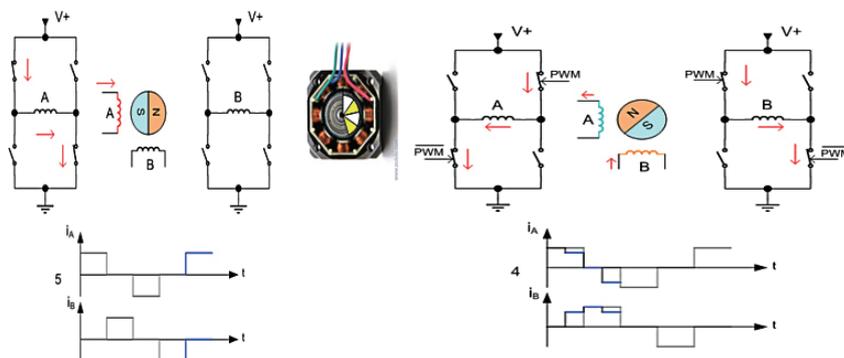


图 1 H 桥控制 2 个电机线圈中的电流示意图

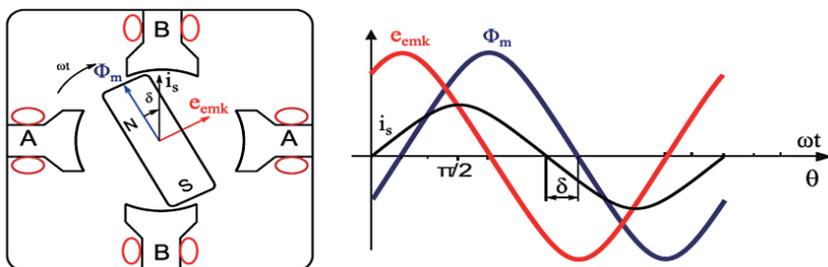
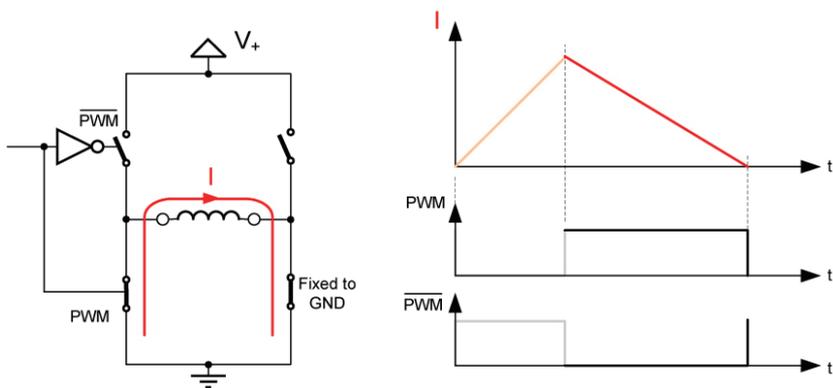

 图2 负载角 d 变化示意图


图3 使用脉宽调制 (PWM) 和开关 H 桥控制电流

件——由永磁体产生的转子磁场和由定子电流产生的定子磁场。当磁场方向相反时，转矩最大——通过增加线圈电流，在 $-1/2$ 或 $1/2$ 处的转矩将增加，当能效达到最大时，提供的最大转矩等于负载。关键点——在稳定区域的边缘提供最大转矩，如果不注意驱动器逻辑，将造成电机停止的风险。

2. 负载角 负载角 d 是定子和转子之间的角度。在产生的转矩和负载之间是平衡的“ p ”。随着负载增加，

负载角 d 也会增加（如图2所示）。

3. 电流控制 通过使用脉宽调制 (PWM) 和开关 H 桥，电压将切断电机线圈和绕组。当电压跨越线圈，电流将增加。当线圈短路，电流将减小，也被称为“衰减”（如图3所示）。

五、步进电机驱动器和应用面临的关键问题

随着安防成为全球第一关注点，IP 安防摄像机的使用在过去五年已

翻了两番。随着数码摄像机采用前沿技术，最大的缺点是增加使用低成本的 CMOS 和 CCD 图像传感器。视频品质很大程度上取决于传感器分辨率，当摄像机平移或倾斜时，“数字失真”即视频失真可被清楚地看到。最初解决问题是采用昂贵的模拟电机驱动器及基于轴编码器品质的高分辨率伺服反馈。使用这种驱动器非常昂贵，必须采用不同方案以提高视频品质、降低成本和复杂度。

安森美半导体的 LV8714A 作为一款高度集成的双通道 PWM 恒流控制步进电机驱动器，采用内置的全 4 路 H 桥开关电源和 PWM 逻辑驱动器，可驱动两个步进电机或 4 个直流有刷电机。使用 LV8714，任何设计人员可在数周内而不是数月完成从零到完整的云台安防摄像机的设计。由于参考输入电压用于每一 H 桥，LV8714 可同时驱动两台电机。宽输入电压范围为 $4 - 16.5\text{ V}$ ，适用于下列摄像机应用：以太网供电的 (PoE) 安防摄像机、PoE 销售点终端、文档扫描仪、装配线质量控制、平板扫描仪和多功能打印机。☞