

微型泵

微型泵将发挥巨大作用

文 | Steve O' Reilly, 派克汉尼汾欧洲自动化集团生命科学市场开发经理

便携式设计

借助于工程技术的进步，医疗设备制造商持续在自己的产品组合当中提供越来越多的便携式设备。更小外形尺寸和更多便携设备的好处是显而易见的，因为这将可以让医疗专业人士将更多先进产品更快地投入患者可以获益的地方；而这可能意味着生与死的区别。即使借助工程的进步，对于产品设计人员来说，将客户设计要求放到相对较小的机器内仍然是一项困难的挑战。

对于减小尺寸的追求也扩展到大型仪器上。根据派克汉尼汾公司对实验室设备制造商和用户的调查，组件小型化对于帮助他们满足仪器占用更小实验室空间，使用更少试剂以及使用更小测试样本这些需求来说至关重要。此外，调查受访者还表示，这些因素对于降低仪器的购买成本也至关重要。

优化泵的设计和选择

尺寸的减小要求在子组件设计阶段就要保证正确的设计，这也包括泵。优化泵的设计和选择方式，可以促成更加紧凑的气动回路。这通常是通过平衡高流量和低流量运行周期来实现，以便可以使用更小尺寸的泵。此外，通过让泵在与需求相匹配的水平工作，可以实现更高的工作效率，使用更小功率的泵以及尺寸更小的电池。而为了实现所有这些目标，就需要主动对泵的速度和流量进行控制。

例如，环境监测设备通常要求广泛的动态气体流量范围，以便对工作空间环境进行采样。这些设备还必须尽可能可便携，并且能够在无需对电池重新充电的情况下运行一整天。对单个气动泵进行适当动态控制将可以让这一切成为可能，而更高的效率意味着可以减小电池尺寸。

大多数生命科学和医疗器械与设备

制造商都要求对泵所产生的气体流量实现更多控制，以便实现更好的患者治疗和更准确的患者监测。这种流量灵活性可通过大多数隔膜泵来实现。然而，成功的实施需要 OEM 工程师和泵供应商应用工程师紧密合作。

速度控制方法与实施

速度控制通常用于所有类型的派克精密流体电机，包括：铁芯永磁直流 (PMDc) 电机，无芯直流有刷电机，以及无刷直流 (BLDC) 电机。

有多种控制电机 / 泵速度的常用方法。虽然外部脉冲宽度调制 (PWM) 控制是比较优选的控制方法，但仍需要由 OEMs 根据其特定应用确定最佳控制方式。下列描述提供了不同方法的概述。

输入电压（有刷或 BLDC 机）

通过调节电压可以成比例地改变电机的速度。例如，一台 12 Vdc 泵的流量在电压调节到 6Vdc 过程中会逐渐减小（取决于应用）。

输入电压 PWM（有刷或 BLDC 电机）

与调节电压类似，也可以通过减小有效电压来降低电机速度。较低电压是通过快速（通常为 20 kHz）关断固定输入电压来模拟。通 / 断时间比率（占空比）将会决定施加到电机的有效电压。

这种技术通常被称为“2-线”PWM，

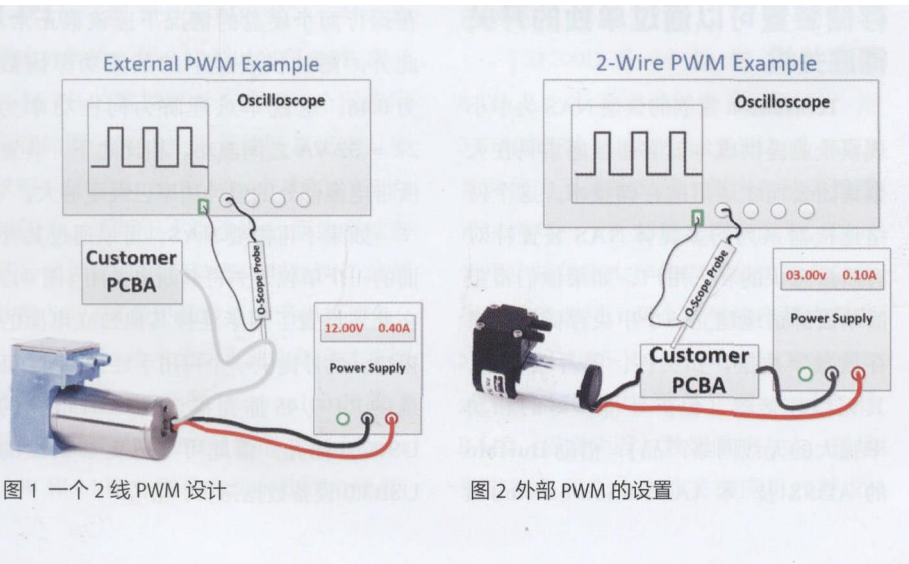


图 1 一个 2 线 PWM 设计

图 2 外部 PWM 的设置

是控制泵速度最简单的方法之一。客户设备的基本要求就是一个 PWM 信号，它经常是从微控制器和功率晶体管发出。通过对电机的输入电压进行高频接通和关断，将会降低电机的平均功率。下图显示了一个“低压侧”PWM 驱动器的例子，其中电机接地由“客户 PCBA”进行切换以降低电机速度。

对于有刷电机来说，2-线 PWM 是最常用的控制方法，并且也非常有效。对于无刷直流 (BLDC) 电机它也同样有效，但的确也存在一些限制。许多 BLDC 电机具有内部控制器，必须保持一个最低电压以便正常运行。在对输入电压施加 PWM 周期时，也会降低对于控制电子系统的有效电压；这将会限制可用的速度控制范围。在这种情况下，使用一个外部 PWM 控制系统可以提供更广的范围。

外部 PWM (仅限于 BLDC 电机)

电机前两根导线上的输入电压是固定电压，并且不会改变；速度是通过在第三根导线上施加一个 PWM 信号来进行调节。一个低电流信号将会在外部以高频（通过系统控制器）对地进行开关。内部 BLDC 电机控制器将会对该信号做出响应，以便依照信号占空比成比例地降低速度。

在可能的情况下，这是控制 BLDC 隔膜泵速度的推荐方法。该方法将会对泵设备提供最动态的控制，并且还可以在某种情况下简化电路设计，因为只需要一个低电流晶体管来开关信号。

大多数带有 PWM 的隔膜泵要求在 OEM 设计的 PCBA 设备上提供一个“开漏”或“开路集电极”回路，以便提供 PWM 信号。BLDC 电机拥有一个内部正偏电阻，以便开漏或集电极开路电路可以主动将该电压接地，作为 PWM 信号的下沿部分。

0-5 Vdc 模拟速度输入 (仅限于 BLDC 电机)

在这种模式下，前两条导线上的输入电压是固定的，并且不会改变；速度

是使用施加到第三根导线的外部供电直流电压加以调节。内部 BLDC 电机控制器通过以线性比例对输入电压做出响应来降低速度。例如，5 Vdc 对应于 100% 的速度，2.5 Vdc 对应于 50% 的速度，0 Vdc 时电机将会关闭。

在某些应用当中，提供一个 PWM 信号可能不可行，或者不是系统设计人员的优选方法。许多 BLDC 电机提供外部模拟直流信号输入，在这种情况下，可以向电机提供一个直流电压来运行电机，但通过一个单独的低电流的 0-5 Vdc 输入信号来控制泵的速度。

实际控制电压的范围可能会因电机而异，但概念是相同的：0 Vdc 电机不运行，5Vdc 代表全速运行，而 0-5 Vdc 范围内的信号用于调节泵的速度。

速度监测 - 转速计

许多 BLDC 电机还可以输出一个转速计信号，以便所设计的设备可以监测实际的泵速度。该信号是一个数字脉冲，可用于确定泵的速度。

如果应用当中需要泵以非常低的速度运行，那么这种设计就非常有用；根据这一信息，设备控制器可以在泵开始失速的情况下提高速度。此外，它还可以提供额外的安全和 / 或诊断反馈，用以确定系统是否正常运行。

设计挑战 控制输入与速度

电机的速度控制信号可以降低或提高流速；但是，这不是一种直接线性的关系。因此，在固定的 50% PWM 信号下，泵速度将会降低，但不会精确地降低 50%。此外，当泵负载改变时，泵的速度也会改变，即使 PWM 信号是固定的。

最大电机速度可以通过泵配置或者应用当中的压力 / 真空负载进行降低。转矩和转速具有线性关系，当需要更大转矩来运行泵的时候，电机将会减速。

电机失速

如果泵发生失速，泵电机可能会

受损。当电机转子锁定在该位置，并且电源继续向电机供电时，热量将会增加，并可能会导致内部控制器损坏。使用速度控制来降低速度时，电机失速会更可能发生，因此应当对此密切监测。

建议系统设计人员在对泵供电时采用安全的电流限值或保险丝。当发生泵失速时，这将有助于防止对泵电机和系统造成损坏。

以较低速度重新启动

使用任何速度控制方法都会降低电机的有效功率。如果在重新启动的过程中减速，启动转矩将会下降。设计人员必须确保在速度降低时，泵在所有情况（比如压力负荷和环境温度）下都能够重新启动。

建议频率

在使用 PWM 速度控制方法时，推荐的频率为 20 kHz。低于 20 kHz 的频率可能会造成蜂鸣声，而使用更高频率可能会由于晶体管的上升和下降时间而限制控制范围，可能会由于开关频率如此之快，一个低或高占空比信号被显示为 0% 或 100%，因为晶体管无法足够快地进行开关。此外，对于某些电机和控制回路来说，高于 20 kHz 的 PWM 频率可能会使效率下降。

总结

如同许多工程设计和产品设计领域一样，由于组件供应商对于组件拥有固有的专长优势，而 OEM 工程师则必须将来自所有行业的组件加以集成，因而上述二者进行紧密协作非常必要，这将会使产品设计产生更好的结果。

在本案例当中，这意味着通过优化泵的选择与控制，实现更小、更高效和便携式的医疗与生命科学设备。此外，派克在电机与泵设计方面的专业经验有助于加速定制化和原型机生产，从而帮助减少设计时间和成本。[MM]