

# 微控制器下的步进电机驱动方案对比研究

高春燕

经纬纺织机械股份有限公司 北京 100176

**摘要:** 伴随工业自动化程度的提高和多领域智能化的推进, 步进电机得到广泛应用, 由于其控制相对灵活, 有成本优势的特点, 步进电机在家居家电、医疗、无人工厂、机器人等领域发挥了重要作用, 由于其使用密度大, 适配灵活的特点, 因此在不同场景下有多种控制方式可供选择。本文对微控制器下的步进电机驱动方式进行对比, 说明不同驱动方式的特点和适用性, 为使用者和硬件设计开发人员提供选择依据。

**关键词:** 步进电机; 驱动; 微控制器

## 引言

步进电机的运转离不开步进电机驱动器, 步进电机驱动器是一种将脉冲电流转换为角速度的执行器<sup>[1]</sup>。在电机应用中, 驱动器接受到一个执行信号, 就会驱动电机按设置的方位旋转一个固定不动的视角, 以固定不动的视角一步一步运作开展转动<sup>[2]</sup>。根据主流应用的需求, 下面以常用的2相双极步进电机驱动为主要说明对象, 以意法半导体产品L6470、L6482控制器以及东芝产品TB67S109控制器为例, 按照其不同的驱动方式特点、微控制器占用资源以及适用场景, 对三种不同的驱动方式展开讨论研究。

## 1 常用的三类步进电机控制方式介绍

步进电机驱动器能够根据控制单脉冲数量来控制运转角度, 还可以根据控制单脉冲频率来控制电机旋转的速率和瞬时速度, 即通过对速度和位置的控制这二种方法, 来各自完成精准定位层面的控制。

L6470控制器采用模拟混合信号技术实现, 是一种先进的全集成解决方案, 适用于驱动两相双极步进电机。它集成了双低导通电阻R<sub>ds(on)</sub>全桥功率管, 所有的电源开关都配备了精确的片上电流传感电路, 适用于无耗散电流控制和过流保护。能够适应较高电压和电流的能力(45V/3A)。由于独特的控制系统, 实现了真正的1/128步的分辨率。数字控制核心可以生成用户定义的运动轮廓与加速, 减速, 速度或目标位置, 很容易通过编程专用寄存器进行设置来实现目标速度和目标位置。所有的命令和数据寄存器, 包括用于设置模拟值, 即电流控制值、电流保护跳闸点、死区时间、脉宽调制PWM频率等, 都通过标准的5Mbit/s的串行外设接口SPI总线接口发送。一套非常丰富的保护, 含过热, 欠压, 过流以及电机失速, 允许用户设计成一个完全保护的应用程序来作为要求最高的电机控制应用。

TB67S109控制器, 采用脉宽调制模式PWM对双极步进电机进行控制, 是一种较为传动的控制方式。通过集成的单片集成电路, 实现双极步进电机PWM恒流驱动控制控制的能力。允许最高1/32步细分操作, 通过微控制器给定不同的脉冲个数和脉冲频率来控制电机旋转角度和旋转速度。片内集成了低导通电阻的全桥功率管, 采用先进的动态混合衰减技术, 实现高效电机电流控制机制。能够适应较高电压和电流的能力(50V/4A)。内置的错误检测、热关机、过电流关闭、上电复位及内置的电压调节器, 能实现步进电机运行安全可靠, 但由于缺少内置的寄存器设置和读取机制, 不能实时读取控制器信息和状态, 对产生的特定或者错误状态只能等发生后依靠外界辅助工具才能够具体判断, 因此有黑盒特点。

L6482控制器, 采用模拟混合信号技术实现, 是一种先进的全集成解决方案, 应用电压可达85V, 适用于驱动2相双极步进电机。与以上两种片内集成MOSFET不同, L6482内部不含功率级电路, 只集成了一个功能强大的双全桥栅驱动器, 用于8通道MOSFET功率级驱动, 外部可选择适应于不同应用所需的功率级MOSFET, 这就意味着系统整体的电压和功率可以得到显著提升, 适用于大功率步进电机驱动应用场景, 例如重物托举等场景。1/16微步是通过自适应衰减模式实现的, 优于传统实现。所有的应用通过命令和数据寄存器配合实现, 数字控制核心可以生成用户定义的运动轮廓与加速, 减速, 速度或目标位置, 包括那些用于设置模拟值如电流保护跳闸点, 死区时间, PWM频率等, 都通过标准的5Mbit/s SPI发送。与L6470类似, 拥有一套非常丰富的过热, 欠压, 过流和电机失速特殊状态标记功能, 使用户可灵活操作读取系统状态。图1是L6482驱动步进电机的最小系统结构图。

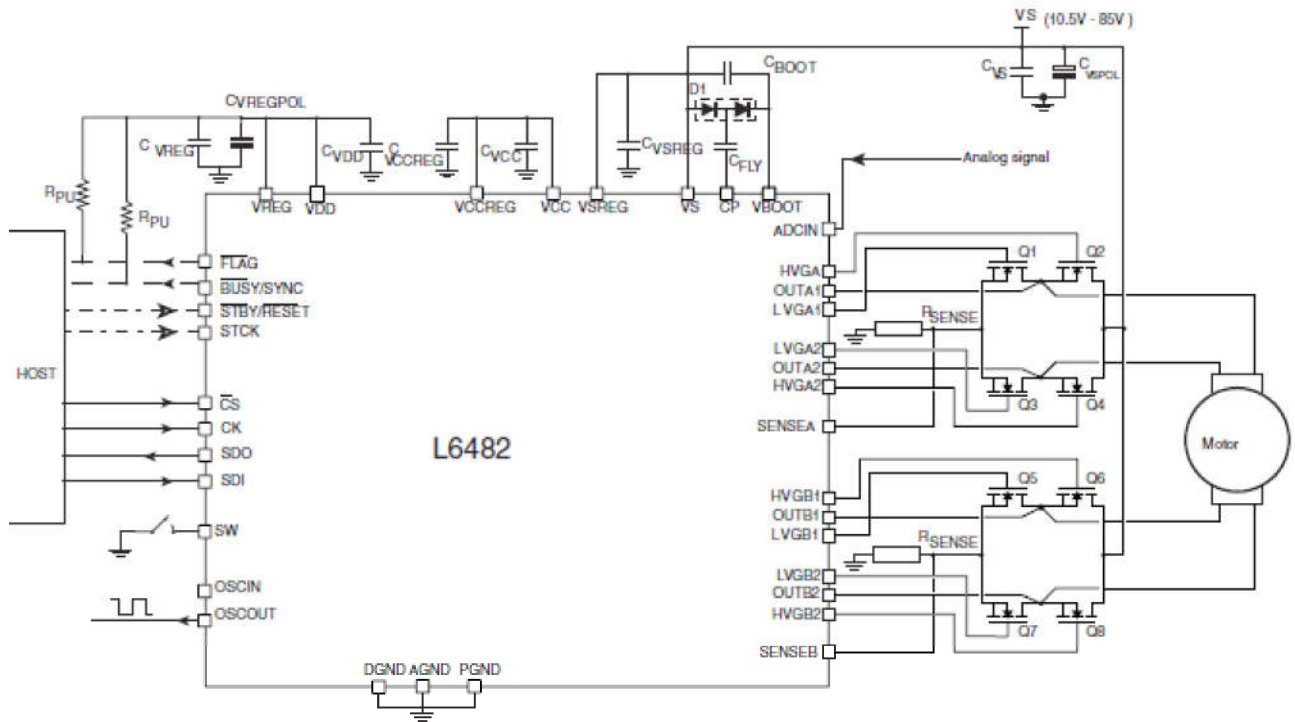


图1 L6482最小系统结构图

## 2 主控制器的外部资源占用及配置

L6470 和 L6482 通过 SPI 串行外设总线来与微控制器进行数据交互，需要占用微控制器 1 个 SPI 外设接口，包含 1 个时钟信号 SCLK，1 个片选信号 SEL，主输入从输出 MISO 和主输出从输入 MOSI 四个信号，驱动芯片作为微控制器的从设备，主动接受微控制器的指令信息，根据通信协议，微控制器可以遵循协议自主选择对从设备进行读写控制，表现为读写从设备的多个寄存器，这些寄存器包含了目标速度，目标位置，加、减速度，方向，细分，力矩，快速归零，急停，复位和状态信息等，十分灵活。更重要的是，在需要多个步进电机（小于 8 个）同时独立驱动时，可以通过菊花链式的连接方式进行连接，如图 2 所示，同样只占用微控制器一个 SPI 接口，此时从设备的输入输出连接方式形成环链，最终与主机相连形成闭环，实现了一拖多独立控制，主控制器可以给不同的从设备发送不同的指令，从设备各自完成自己的预设动作，这样大大节约了微控制器的资源，但是控制程序较一对一电机控制复杂，对于成本敏感或者有降本增效需求的企业有较大优势。

TB67S109 通过脉冲和方向控制电机以一定的速度运行，通过计算脉冲数量判断电机的位置，例如细分，输出力矩等的设置，均需要通过增加外部控制器件和线路，另有其他类别控制细分采用增加脉冲数量来实现，

这就要求控制器最好具备 16 位及以上的时钟。具体来看，该器件需要使能、脉冲、方向三个基本信号，在细分可控可调情况下，需要 3 个独立的细分配置接口，另外需要增加 1 个模拟信号接口和额外的扭矩配置硬件来实现扭矩可调，因此在达到配置需求后，至少要占用 7 个微控制器接口。在多路配置时，这个资源需求数量需要倍乘路数，大大增加了微控制器的负担，并且普通低成本微控制器几乎无法实现多路步进电机驱动。

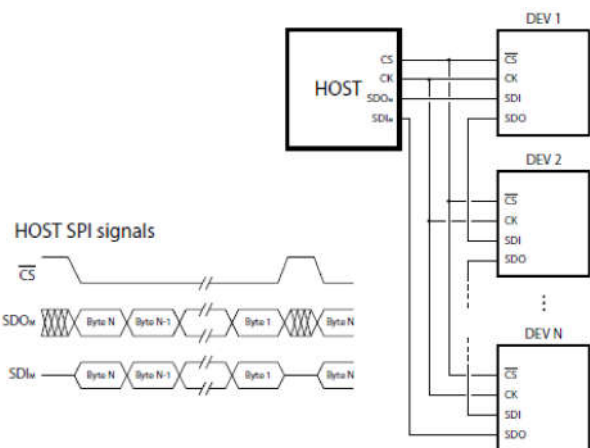


图2 菊花链式连接方式示意图

## 3 根据驱动器的不同特性所适用的场景划分

### 3.1 低速运转场景

步进电机应用场景多为慢速、低速和中低速场景

中,如托盘,支臂,送取移位等简易动作,较少应用在高速大于600转每分的状态下,这对步进电机本身的线圈和转子特性要求较高,较高速度下产生失步的情况会更加容易发生,在不增加编码器进行闭环控制的情况下,失步会引起目标位置无法达到的情况,因此多数步进电机是应用在较低速度的场景中。

在需要精准控制,或者超低转速时,对驱动器的细分控制有较高的要求,2相双极步进电机运行一步为1.8度,当需要走小角度时,不带细分控制的驱动器在较低速度时几乎无法实现平稳运转,而细分较多的驱动器可以将整步进行拆分,能够通过128甚至256微步完成一步,因此可以让电机平稳运行,有时候甚至无法用肉眼辨别出电机在运行。L6470可实现最高1/128细分,L6482最高可实现1/16细分,TB67S109最高可实现1/32细分。因此,在低速场景中细分较多的L6470更加适宜。

### 3.2 大功率电流驱动场景

L6470可提供3A有效电流,TB67S109可提供4A有效电流,这类芯片适用于对于驱动功率较小的步进电机,对于较大功率的电机来说,这类集成驱动和功率管的器件变的难以适用,需要使用L6482配合外部功率管的方式

来实现,外部的功率MOSFET根据应用需要可以有多种选择,参数限制很少,在功率器件外部可以额外增加散热装置,使得系统稳定。L6482可以提供SPI通信接口,来获取命令信息,同样的,经过自身的处理,可以将这些命令信息解释成PWM信号传输给外部的功率器件。这样既实现了灵活控制,也能实现大功率的输出。

### 4 总结

综上所述,在现代工业领域步进电机广泛应用的背景下,随着科技公司对步进电机驱动控制器性能的逐步提升,步进电机驱动在向着更加智能化,简单化以及集成大功率封装的技术领域逐步突破,从原理上,最早的控制器的还包含了并行控制等方案,随着时间的推移,文中所列举的三类驱动方案会成为主流的应用。希望能为工业领域无论是自动化应用,还是机器人的研究,给予设计前期的方案参考和支持。

### 参考文献

- [1]王高高.基于LV8726的步进电机高精度驱动系统设计[J].信息技术,2019
- [2]黄兆波.单片机控制步进电机研究[J].南方农机,2019