



# 基于 TB6560 的步进电机驱动电路设计

王党利, 宁生科, 马宝吉

(西安工业大学 工业中心, 西安 710021)

**摘要:** 提出基于步进电机驱动芯片 TB6560 的电路设计方案, 包括步进电机控制信号隔离电路、主电路及自动半流电路的设计, 给出具体的驱动电路图, 并就步进电机驱动时产生的失步和越步现象给出了解决方法。该驱动电路在雕刻机实际应用中, 取得了良好效果, 满足设计要求。

**关键词:** TB6560; 步进电机; 驱动电路; 自动半流电路

**中图分类号:** TG66

**文献标识码:** B

## Stepping Motor Driver Circuit Design Based on TB6560

Wang Dangli, Ning Shengke, Ma Baoji

(Industrial Center, Xian Technology University, Xian 710021, China)

**Abstract:** Circuit design programs are proposed based on stepping motor driver chip TB6560, including control signal isolation circuit, main circuit and automatic half-current circuit designs. Driver circuit diagrams and the solution of out-of-step and beyond-of-step problems are given. Driver circuit is applied in engraving machine, and has achieved good results, meeting the design requirements.

**Key words:** TB6560; stepping motor; driver circuit; automatic half-current circuit

## 引言

步进电机是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。驱动器接收到一个脉冲信号后, 驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度。首先, 通过控制脉冲个数来控制角位移量, 从而达到准确定位的目的; 其次, 通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度, 从而达到调速的目的。目前, 步进电机具有惯量低、定位精度高、无累积误差、控制简单等特点, 在机电一体化产品中应用广泛, 常用作定位控制和定速控制。步进电机驱动电路常用的芯片有 L297 和 L298 组合应用、3977、8435 等, 这些芯片一般单相驱动电流在 2 A 左右, 无法驱动更大功率电机, 限制了其应用范围。本文基于东芝公司 2008 年推出的步进电机驱动芯片 TB6560 提出了一种步进电机驱动电路的设计方案。

## 1 步进电机驱动电路设计

### 1.1 TB6560 简介

TB6560 是东芝公司推出的低功耗、高集成两相混合式步进电机驱动芯片。其主要特点有: 内部集成双全桥

MOSFET 驱动; 最高耐压 40 V, 单相输出最大电流 3.5 A (峰值); 具有整步、1/2、1/8、1/16 细分方式; 内置温度保护芯片, 温度大于 150 °C 时自动断开所有输出; 具有过流保护; 采用 HZIP25 封装。TB6560 步进电机驱动电路主要包括 3 部分电路: 控制信号隔离电路、主电路和自动半流电路。

### 1.2 步进电机控制信号隔离电路

步进电机控制信号隔离电路如图 1 所示, 步进电机控制信号有 3 个 (CLK、CW、ENABLE), 分别控制电机的转角和速度、电机正反方向以及使能, 均须用光耦隔离后与芯片连接。光耦的作用有两个: 首先, 防止电机干扰和损坏接口板电路; 其次, 对控制信号进行整形。对 CLK、CW 信号, 要选择中速或高速光耦, 保证信号耦合后不会发生滞后和畸变而影响电机驱动, 且驱动板能满足更高脉冲频率驱动要求。本设计中选择 2 片 6N137 高速光耦隔离 CLK、CW, 其信号传输速率可达到 10 MHz, 1 片 TLP521 普通光耦隔离 ENABLE 信号。应用时注意: 光耦的同向和反向输出接法; 光耦的前向和后向电源应该是单独隔离电源, 否则不能起到隔离干扰的作用。

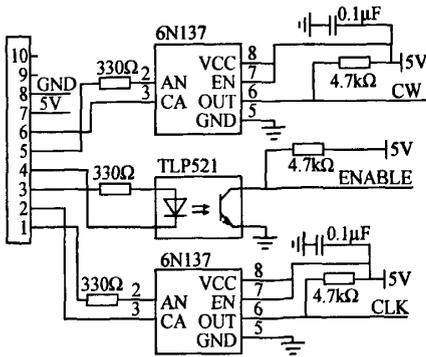


图1 步进电机控制信号隔离电路

### 1.3 步进电机主电路

如图2所示,步进电机主电路主要包括驱动电路和逻辑控制电路两大部分。

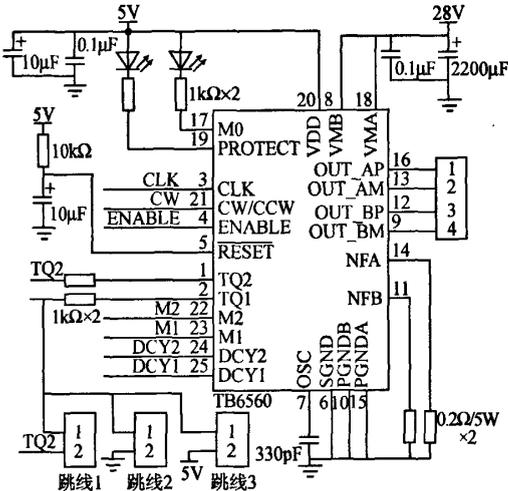


图2 步进电机主电路

驱动电路电源采用28V,电压范围为4.5~40V,提高驱动电压可增大电机在高频范围转矩的输出,电压选择要根据使用情况而定。VMB、VMA为步进电机驱动电源引脚,应接入瓷片去耦电容和电解电容稳压。OUT\_AP、OUT\_AM、OUT\_BP、OUT\_BM引脚分别为电机2相输出接口,由于内部集成了续流二极管,这4个输出不用像东芝公司的8435驱动芯片那样外接二极管,从而极大地减小电路板的布线空间。NFA、NFB分别为电机A、B相最大驱动电流定义引脚,最大电流计算公式为  $I_{OUT}(A) = 0.5(V)/R_{NF}(\Omega)^{[1]}$ ,若预先定义电机每相的最大驱动电流为2.5A,取  $R_{NF} = 0.2\Omega$ ,则PGNDA、PGNDB、SGND分别为电机A、B相驱动引脚地和逻辑电源地。

逻辑控制电路电源为5V,VDD为逻辑电源引脚,应接入去耦电容和旁路电容减小干扰噪声;M0、PROTECT为工作状态和过流保护指示灯;RESET为芯片复位脚,低电平有效;OSC所接电容的大小决定了斩波器频率,推荐100~1000pF,斩波频率为400~44kHz;M2、M1为细分设置引脚,外接拨码开关可设定不同的细分值,如整步、半步、1/8细分、1/16细分。由于步进电机在低频工作时,有振动大、噪声大的缺点,需要细分解决。

步进电机的细分控制,从本质上讲是通过步进电机励磁绕组中电流的控制,使步进电机内部的合成磁场为均匀的圆形旋转磁场,从而实现步进电机步距角的细分。一般情况下,合成磁场矢量的幅值决定了步进电机旋转力矩的大小,相邻两合成磁场矢量之间的夹角大小决定了步距角的大小。DCY2、DCY1外接拨码开关设置电流衰减模式(0、25%、50%、100%),用于满足不同的步进电机需要。由于电机本身状况、供电电源状况及脉冲频率等其他因素的影响,步进电机可能会产生高频噪声,通过电流衰减模式的设置可减小甚至消除这种噪声。图3显示了衰减模式为0和50%时线圈电流的变化,可看出波形具有明显的改善。

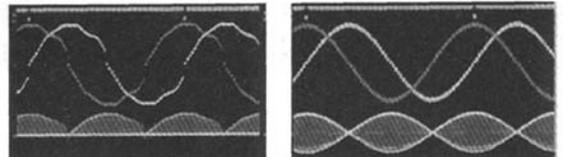


图3 衰减为0和50%时电机电流对比

### 1.4 步进电机自动半流电路

步进电机要减少发热,就要减少铜损和铁损。减少铜损就是减小电阻和电流,要求在选型时尽量选择电阻小和额定电流小的电机,但是这往往与力矩和高速的要求相抵触。对于已选定的电机,首先,应充分利用驱动器的自动半流控制功能和脱机功能,自动半流在电机处于静态时自动减小电流,脱机功能是将输出电机电流切断;其次,细分驱动器由于电流波形接近正弦,谐波少,电机发热也会较少。减少铁损与电机驱动电压有关,高压驱动的电机虽然会带来高速特性的提升,但也带来发热的增加。所以应当选择合适的驱动电压等级,兼顾高速性、平稳性和发热、噪声等指标。

为尽可能减小电机发热,需要TB6560的TQ2和TQ1引脚电平在电机工作时设置为电流输出最大,在电机不工作时电流减半甚至更小,故称为“自动半流电路”。用NFA、NFB定义最大输出电流后,通过TQ2和TQ1设置电流比率输出,设为00、01、10、11时,输出的电流分别



为最大电流的 100%、75%、50%、25%。改变电机的驱动电流,也就改变了电机输出扭矩的大小。自动半流电路设计选用可重复触发的单稳态电路芯片 74CH123,用电机的驱动脉冲 CLK 作为单稳态电路的触发脉冲。单稳态电路的反向输出接 TQ2 引脚,电机驱动脉冲持续时 TQ2 一直保持低电平,无驱动脉冲时保持高电平。在图 2 电路中, TQ1 连接 3 个跳线帽。接跳线 1, TQ2、TQ1 始终同为高或低电平,驱动电流在 25%~100% 切换;接跳线 2, TQ2 始终为低,电流在 50%~100% 切换;接跳线 3, 电流在 25%~75% 切换。可根据工作驱动电流需要选择不同跳线。

## 2 步进电机失步和越步问题及解决方法

步进电机中产生的同步力矩无法使转子速度跟随定子磁场的旋转速度,从而引起失步。失步产生的主要原因及解决方法:

① 步进电机的转矩不足,拖动能力不够,当驱动脉冲频率达到某临界值开始失步。由于步进电机的动态输出转矩随着连续运行频率的上升而降低,因而凡是比该频率高的工作频率都将产生失步。

有 3 种解决方法,可使步进电机产生的电磁转矩增大,为此可在额定电流范围内适当加大驱动电流;在高频范围转矩不足时,适当提高驱动电路的驱动电压;改用转矩大的步进电动机等,也可使步进电机需要克服的转矩减小,为此可适当降低电机运行频率,以便提高电机的输出转矩。

② 步进电机起动失步。由于步进电机自身及所带负载存在惯性,当加速时间过短时会出现这一现象。应该设置合理的加速时间,使电机从低速度平稳上升到某个速度。

③ 步进电机产生共振也是引起失步的一个原因。步进电机处于连续运行状态时,如果控制脉冲的频率等于步进电机的固有频率,将产生共振。在一个控制脉冲周期内,振动尚未得到充分衰减,下一个脉冲就已来到,因而在共振频率附近动态误差最大并导致步进电机失步。解决方法:减小步进电机的驱动电流;采用细分驱动方法和阻尼方法。

转子在步进过程中获得过多的能量时,转子的平均速度会高于定子磁场的平均旋转速度,使得步进电动机产生

的输出转矩增大,从而使步进电机产生越步。

当步进电机存在越步时,可减小步进电动机的驱动电流,以便降低步进电机的输出转矩或使减速时间加长。

## 3 试验结果

设计时应该保证芯片逻辑电压低于驱动电压,否则芯片不能正常工作;在选取 NFA、NFB 检流电阻时应选功率不小于 2 W 的无感电阻;对电机驱动电源及驱动输出连线和地的印制板布线,应保证能稳定通过 3 A 电流;电源入口加熔断器保护驱动电路,以免电机的电流过大烧毁电路板。设计的驱动器应用于雕刻机 X、Y、Z 三轴步进电机的驱动,经过试验,雕刻的样品如图 4 所示。从最终结果看,精度满足目标要求。

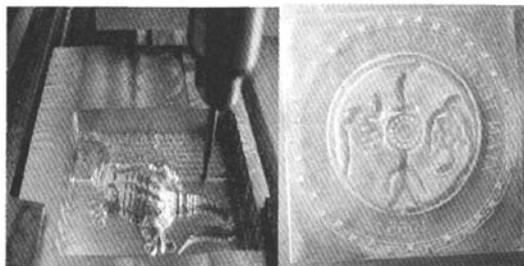


图 4 雕刻机雕刻样品

## 结 语

本文提出了基于 TB6560 的步进电机驱动电路设计方案,并给出了步进电机失步和越步问题的解决方法。试验证明,效果良好,达到预期目标。

### 参考文献

- [1] Toshiba. TB6560AHQ/AFG, PWM Chopper-Type Bipolar Driver IC for Stepping Motor Control, 2008-04-07.

王党利(工程师),主要研究方向为机电工程应用、自动控制;宁生科、马宝吉(教授),主要研究方向为机电工程应用。

(收稿日期:2009-08-24)

## NXP Plus CPU 芯片助达实智能门禁产品全线升级

恩智浦半导体(NXP Semiconductors)宣布其 NXP Plus CPU 芯片获得国内建筑智能化和建筑节能服务商达实智能的青睐,成为其门禁一卡通全产品线升级的芯片方案。在双方的通力合作下,达实智能在两个月的时间内完成了对所有门禁一卡通产品从 MIFARE Classic 到 NXP Plus CPU 的无缝系统升级,以高安全性、高兼容性、高性价比的门禁系统,满足了市场的迫切需求,保障了新老客户系统升级过程中的信息安全。

达实智能作为智能门禁系统提供商,曾为超过六百多万用户(包括海尔集团、宝钢、攀钢、东风康明斯、合肥政务大楼以及众多国家和地方政府办公机构与大型企业等)提供门禁一卡通产品及解决方案。