

单片机和 THB6128构成的步进电机控制器设计

田强, 姬长英*

(南京农业大学 工学院、江苏省高等学校智能化农业装备重点实验室, 江苏 南京 210031)

摘要:以宏晶公司生产的单片机 STC89C52和东芝公司生产的步进电机专用电机控制芯片 THB6128为核心实现了一种结构简单的高性能、多细分、微型化两相混合式步进电动机控制器。该系统采用恒流斩波控制方式, 可调的电流衰减模式可以进一步改善步进电机绕组的电流波形。驱动器最高细分数为 128, 提供正反向控制、使能控制、自动半流锁定功能以及过流、过热等电动机驱动器的保护功能。这种控制器成本低、容易实现、性能稳定, 是步进电机控制器的一种较好选择。

关键词: STC89C52; THB6128; 步进电机; 驱动器; 设计

中图分类号: S126 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001 - 8581 (2010) 05 - 0098 - 03

Design of Stepping Motor Controller Based on Microcontroller and THB6128

TIAN Qiang, JI Chang - ying*

(College of Engineering, Nanjing Agricultural University; Key Laboratory of Intelligent Agricultural Equipment of Higher Education Institution in Jiangsu Province, Nanjing 210031, China)

Abstract: Based on the microcontroller STC89C52 produced by MCU Corporation and THB6128 produced by Toshiba Corporation, a stepping motor controller was designed for hybrid stepping motor control system, and this controller was a micro - stepping driver with high performance, simple structure and ultra small size. The driver system utilized PWM current control mode and adjustable mixed current decay mode, which could optimize the output current further. The stepping motor controller system provided selectable subdividing up to 128, and offered several functions, including direction control, enable / disable option, half current control, etc. It also had the ability of over current and over temperature protections. This controller which is of low cost, easy implementation, stable performance is a good selection for stepping motor controller system.

Key words: STC89C52; THB6128; Stepping motor; Driver; Design

步进电动机突出的优点是它可以在宽广的频率范围内通过改变脉冲频率来实现调速、快速起停、正反转控制等, 并且由其组成的开环系统简单、廉价, 其运行的性能接近于闭环的良好性能, 因此在众多领域有着极其广泛的应用, 尤其在农业机器人执行机构动力源方面, 步进电机有着广泛的应用。步进电机是一种完成增量运动的电磁机械, 它能将输入电脉冲信号转换成机械的运动量加以输出^[1]。它必须与相应的驱动器配合使用, 其性能不仅取决于步进电动机本身, 而且在很大程度上取决于其驱动器的性能。目前, 细分控制技术和电流控制技术是步进电动机驱动技术的发展趋势。采用细分控制技术不仅减小了步距角, 提高了步进电动机运动控制的分辨率, 而且可以减小或消除步进电动机的低频振荡, 降低噪声, 显著改善其动态性能。采用电流控制技术的优点是瞬态响应性能好, 相移和系统延迟小。步进电动机驱动技术的另一个趋势是前级控制电路集成化和功率驱动模块化。新一代小功率步进电动机驱动器的驱动级已多采用功率驱动模块, 采用功率驱动模块极大地方便了步进电动机驱动器的设计, 使其体积减小, 可靠性提高, 特别是

易于与微处理器结合, 对步进电动机作细分控制^[2~4]。本文介绍由宏晶公司生产的一款高性能 CMOS 8 位单片机 STC89C52 和东芝公司的步进电机驱动芯片 THB6128 构成的步进电机控制系统。

1 硬件系统构成

1.1 电机驱动电路

1.1.1 THB6128 电机驱动芯片的特点 本系统中采用的 THB6128 是东芝公司生产的高细分两相混合式步进电机驱动专用芯片, 通过单片机输出控制信号, 即可设计出高性能、多细分的驱动电路, 适合驱动 57 系列步进电机。该芯片具有以下特点: 双全桥 MOSFET 驱动, 低导通电阻 $R_{on} = 0.55 \Omega$; 最高耐压 36 VDC, 峰值电流 2.2 A, 工作电流 1.5 A; 多种细分可选 (1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128); 自动半流锁定功能; 快衰、慢衰、混合式衰减三种衰减方式可选; 内置温度保护及过流保护; 内置 1 通道 PWM 电流控制步进电机驱动电路; BiCMOS 工艺 IC; 可选择 2.1W - 2.2W, 1 - 2, 2W1 - 2, 4W1 - 2, 8W1 - 2, 16W1 - 2, 32W1 - 2 相励磁; 仅需 Step 信号输入就可以进行 Step 励磁; 正反控制均可; 内置 TSD 电路; 内置输入下

收稿日期: 2010 - 03 - 05

基金项目: 国家“863”项目 (2006AA10Z259)。

作者简介: 田强 (1984 -), 男, 内蒙古乌兰察布人, 硕士研究生, 从事机电一体化研究。* 通讯作者: 姬长英。

拉电阻入力;附有 Reset、Enable 端子。

图 1 为芯片 THB6128 的内部原理框图。从图 1 中可以看出,THB6128 主要由 1 个输出逻辑控制器、1 个衰

减模式设置电路、2 个电流选择电路、1 个振荡电路等功能模块组成^[5]。

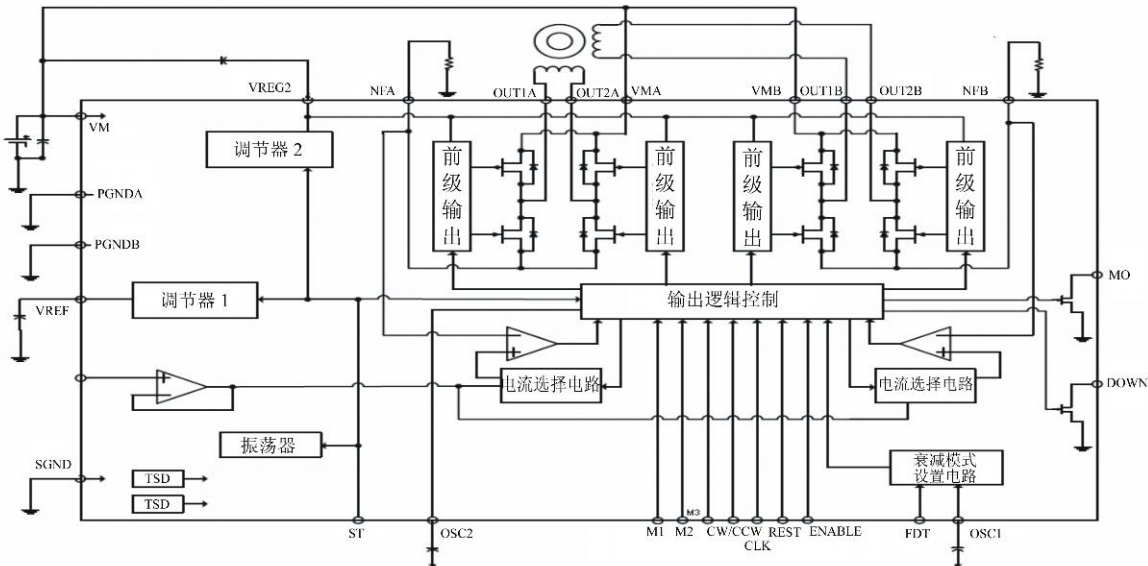


图 1 THB6128 芯片内部结构框图

1. 1. 2 THB6128 电机驱动原理 管脚 M1、M2 和 M3 用来选择电机细分状态,根据输入的值不同可选择 8 种细分模式,最高可达 128 细分,如表 1 所示。

表 1 8 种不同细分模式表

M3	M2	M1	细分数
L	L	L	1
L	L	H	1/2
L	H	L	1/4
L	H	H	1/8
H	L	L	1/16
H	L	H	1/32
H	H	L	1/64
H	H	H	1/128

管脚 FDT 为衰减方式控制端,调节此端电压可以选择不同的衰减方式,从而获得更好的驱动效果。在慢衰减方式下,电流波动比较小,平均值与所给参考值更加接近,从而提高了步进电动机的运行性能,还可以降低开关损耗和磁滞损耗,减少电动机和驱动电路的发热。但是在负载电流下降很快,负载电流很小以及反电势足够大时,慢衰减模式并不能保证很好的电流调节。采用快衰减模式,电流衰减很快,产生的电流纹波也大,导致电流的准确性下降,同时电动机和驱动电路发热增加。混合衰减模式允许用户根据需要,选择快衰减模式和慢衰减模式在整个衰减过程中的时间比例。当负载电流减小时,利用混合衰减模式,可以防止由步进电动机反电势引起的电流波形畸变,从而得到比较平滑的电流波形和降低损耗。管脚 V_{ref} 为电流设定端,调节此端电压即可设定驱动电流值: $I_b(100\%) = V_{ref} \times (1/5) \times (1/R_s)$,式中

R_s 为 NFA (B) 检测电阻。

ST/VCC 端子电平为 Low 时,IC 进入待机模式,所有的逻辑被重置,输出为 OFF。ST/VCC 端子电平为 High 时解除待机模式。管脚 CLK 为脉冲输入端,脉冲输入与芯片工作状态对应关系如表 2。当 $5\text{ V} < V_{FDT} < V_{CC}$ 时,为慢衰减方式;当 $1.1\text{ V} < V_{FDT} < 3.1\text{ V}$ 时,为混合式衰减方式;当 $0\text{ V} < V_{FDT} < 0.8\text{ V}$ 时为快衰减方式。

表 2 脉冲输入端控制表

输入		芯片工作状态
ST/VCC	CLK	
L	*	待机状态
H		输出励磁 Step
H		保持励磁 Step

管脚 CW /CCW 为电机正反转控制端,CW /CCW 为 0 时,电机正转;CW /CCW 为 1 时,电机反转。管脚 RESET 为上电复位端,RESET 端子为 Low 时,输出为初始模式,励磁位置不再与 CLK、CW /CCW 端子关联,而被固定在初始位置。初始位置时,MO 端子输出低电平 (Open Drain 连接)。管脚 ENABLE 为使能端,ENABLE 为 0 时,输出强制 OFF,为高阻状态。但是,由于内部逻辑电路仍在动作,如果在 CLK 端子输入信号,励磁位置仍在进行。因此,将 ENABLE 重新置为 1 时,根据 CLK 输入,遵循进行的励磁位置的电平输出。斩波频率由 OSC1 端子 - GND 间连接的电容依据下面的公式设定:

$$F_{cp} = 1 / (C_{osc1} / 10 \times 10^{-6}) \text{ (Hz)}$$

该 IC 为防止对电源或对地短路导致 IC 损坏的情况,内置了短路保护电路,使输出置于待机模式。检测出输出短路状态时,短路检出电路动作,一度输出 OFF。此后,Timer Latch 时间 (typ: 256 μs) 之后再度输出 ON,如果输出仍然短路的话,将输出固定于待机模式。由输出短路保护电路动作而使输出固定于待机模式的场合,通过使 ST = “L” 可以解除锁定。输出端子为 Open Drain 连接,从 CLK 输入的一个上升沿脉冲开始,在由 OSC2 - GND 间连接的电容决定的时间以内,下一个 CLK 的上升沿脉冲没有输出时切换为 ON,输出低电平。一次 ON 的 Open Drain 输出由下一个 CLK 的上升沿脉冲置为 OFF。保持通电电流切换时间 (T_{down}) 由 OSC2 端子 - GND 间连接的电容根据如下的公式设定:

$$T_{down} = C_{osc2} \times 0.4 \times 10^{-9} \text{ (s)}$$

1.2 STC89C52 单片机的特点 从性价比方面考虑,本系统选用了宏晶公司的 STC89C52 单片机,该单片机是宏晶科技推出的新一代超强抗干扰、高速、低功耗的单片机,指令代码完全兼容传统 8051 单片机,片内含 8 k bytes 的可反复擦写的只读 Flash 程序存储器和 512 bytes 的随机存取数据存储器 (RAM)。STC89C52 是一个功能强大的单片机,拥有 40 个引脚,通用 I/O 口 (32/36 个)。复位后, P1/P2/P3/P4 是准双向口,共有 3 个 16 位定时器/计数器,外部中断 4 路,下降沿中断或低电平触发中

断, POWER DOWN 模式可由外部中断低电平触发中断方式唤醒。

1.3 系统控制电路 步进电机的细分控制,从本质上讲是通过对步进电机的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。因此,要想实现对步进电机的恒转矩均匀细分控制,必须合理控制电机绕组中的电流,使步进电机内部合成磁场的幅值恒定,而且每个进给脉冲所引起的合磁场的角度变化也要均匀。

图 2 是 STC89C52 单片机与 THB6128 连接控制步进电机的原理图。P0.0 管脚与 CLK 管脚相连,控制时钟的频率,即可控制电机转动速率。P0.1 管脚与 THB6128 的 CW/CWW 管脚相连,控制电机转动方向。P0.2 管脚与 ENABLE 管脚相连,用来控制 THB6128 输出有效。单片机 P0.3 ~ P0.5 管脚分别与 THB6128 的管脚 M1、M2 和 M3 相连,用来决定电机的转动方式。通过调节可变电阻 R1 的阻值来调节快衰减和慢衰减的比例。调节可变电阻 R2 的阻值改变 V_{ref} 的值来确定电机驱动电流。THB6128 的 OUT1A、OUT2A 和 OUT1B、OUT2B 分别与步进电机的 A、B 相绕组相连。

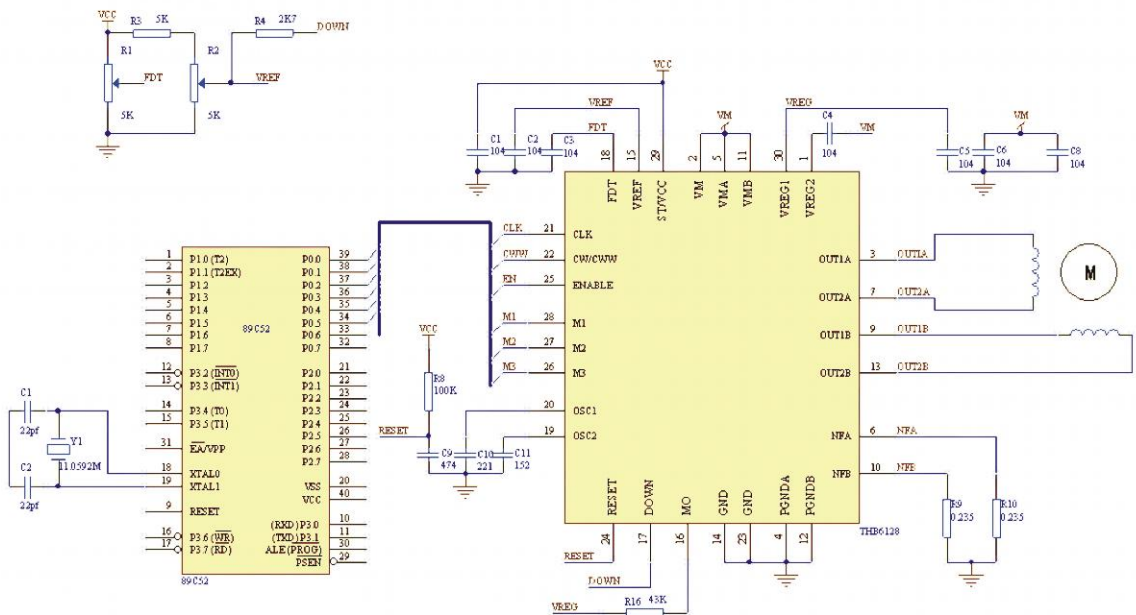


图 2 单片机与 THB6128 连接控制步进电机原理图

2 软件设计

步进电机细分驱动电路的主控制程序控制整个程序的流程,主要完成程序的初始化、中断方式的设置、计数器工作方式的设置及相关子程序的调用等。当设置

STC89C52 的软件定时器中断时,在中断服务子程序中进行软件细分驱动控制,对 THB6128 进行细分控制,产生阶梯状递增和递减参考电压。通过对端口配置固定电平信号使得电机 A、B 相绕组通入恒定不变的电流,从而实

(下转第 105 页)

- [J]. Sensors and Actuators B, 2009, 138 (1): 90 ~ 95.
- [22] 黄星奕,张浩玉,赵杰文. “电子舌”技术在食品领域应用研究进展[J]. 食品科技, 2007, (7): 20 ~ 24.
- [23] Legin A V, Rudnitskaya A M. The Features of the Electronic Tongue in Comparison with the Characteristics of the Discretion - selective Sensors[J]. Sensors and Actuators B, 1995, (58): 464 ~ 468.
- [24] Larisa Lvova, Andrey Legin, Yuri Vlasov, et al Multicomponent Analysis of Korean Green Tea by Means of Disposable All - solid - state Potentiometric Electronic Tongue Microsystem [J]. Sensors and Actuators, 2003, 95 (1 ~ 3): 391 ~ 399.
- [25] C Apetrei, M L Rodriguez - Mendez, J A de Saja Modified Carbon Paste Electrodes for Discrimination of Vegetable Oils [J]. Sensors and Actuators, 2005, (111 ~ 112): 403 ~ 409.
- [26] 牛海霞. 农药残留多频脉冲“电子舌”快速检测方法学研究[D]. 杭州:浙江工商大学, 2008.
- [27] Wei He, Xiaosong Hu, Lei Zhao, et al Evaluation of Chinese Tea by the Electronic Tongue: Correlation with Sensory Properties and Classification According to Geographical Origin and Grade Level [J]. Food Research International, 2009, 42 (10): 1462 ~ 1467.
- [28] John B. Automated Fruit Grading System Using Image Proceeding [C]. Proceedings of the 41st SCE Annual Conference, 2002 1364 ~ 1351.
- [29] 蒋焕熠,应义斌,王剑平,等. 水果品质智能化实时检测分级生产线的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18 (6): 158 ~ 160.
- [30] J Blasco, S Cubero, J Gomez - Sanchis, et al Development of a Machine for the Automatic Sorting of Pomegranate (*Punica granatum*) Arils Based on Computer Vision [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90 (1): 27 ~ 34.
- [31] Aksoy M S, Torkul O, Cedimoglu I H. An Industrial Visual Inspection System that Uses Inductive Learning [J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2004, 15 (4): 569 ~ 574.
- [32] 易克传,岳鹏翔. 基于聚类分析的计算机视觉对茶叶色泽的识别[J]. 中国茶叶加工, 2006, (2): 39 ~ 41.
- [33] Bundit Jarinopas, Nitipong Jaisin. An Experimental Machine Vision System for Sorting Sweet Tamarind [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 89 (3): 291 ~ 297.
- [34] C Igathinathane, L O Pordesimo, W D Batchelor. Major Orthogonal Dimensions Measurement of Food Grains by Machine Vision Using Image [J]. Food Research International, 2009, 42 (1): 76 ~ 84.
- [35] Ristori C, Del Carlo C, Martini M, et al. Potentiometric Detection of Pesticides in Water Samples [J]. Analytica Chimica Acta, 1996, 325 (3): 151 ~ 160.
- [36] Francisco Flores, Judit Artigas. Development of an EnFET for the Detection of Organophosphorous and Carbamate Insecticides [J]. Anal Bioanal Chem., 2003, 376 (4): 476 ~ 480.

(上接第 100 页)

时控制步进电机的转角位置。系统的主程序框图如图 3 所示。

为达到对步进电机起/停运行过程的快速和精确控制,从其动力学特性出发,推导出符合步进电机转矩特性的曲线应该是指数型运行曲线,并将这一曲线量化后,存入 EEPROM。步进电机在运行过程中,每个通电状态保持时间的长短,由当前速度对应的延时时间值决定。

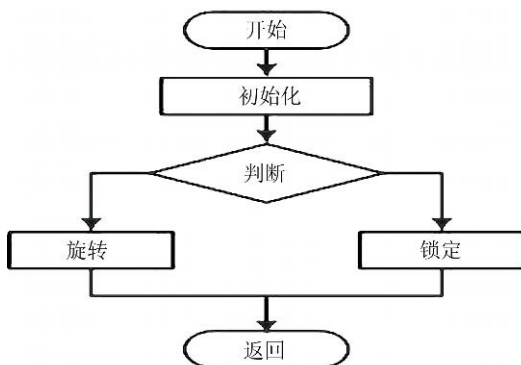


图 3 主程序框图

3 结束语

本研究用极少的硬件实现了步进电机的 128 细分控制。此种方法高效、方便、成本低廉,在农业机器人执行驱动机构等动力源方面有着很高的利用价值。

参考文献:

- [1] 王志宇. 两相混合式步进电动机驱动控制系统研究 [D]. 沈阳:沈阳工业大学, 2008.
- [2] 刘宝廷,程树康. 步进电动机及其驱动控制系统 [M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 1997.
- [3] Gao Hanying, Cheng Shukang, Sun L, et al Maximum torque / current control of 2 - phase hybrid stepping motor [J]. Electric Machines and Drives Conference, 2003, 3 (1 ~ 4): 1781 ~ 1786.
- [4] Rahman M F, Grantham C. Design approaches for microstepping stepmotor controllers [J]. IEE, 1990, (324): 253 ~ 257.
- [5] 高细分步进电机集成芯片 THB6128 [EB/OL]. <http://www.61ic.com/>.