

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.05.028

# 基于 EPM240T100 和 TB6560 的步进电机控制系统

李爱竹<sup>1</sup>, 徐柳娟<sup>2\*</sup>

(1. 杭州东城电子有限公司, 浙江 杭州 310021; 2. 浙江水利水电学院 电气工程系, 浙江 杭州 310018)

**摘要:**为解决常规步进电机集成功率驱动芯片的驱动电流不够、外围电路复杂等问题,提出以 CPLD 芯片 EPM240T100 作为核心控制芯片,以 TB6560 为步进电机的驱动芯片,实现了该基于 EPM240T100 和 TB6560 的步进电机控制系统。TB6560 集成步进电机驱动芯片,将这一系列功能集成于一块芯片,提升了驱动电流,简化了续流二极管等外围硬件电路设计,提高了电机驱动模块的性价比和稳定性。该系统充分发挥 CPLD 芯片丰富的 I/O 口资源优势,配置 4 路 TB6560 步进电机驱动模块的接口,可以实现 4 路步进电机的实时控制,从而满足实际应用的需要。研究结果表明, TB6550 为具有广泛应用前景的步进电机驱动芯片。整个系统已经在实际应用中得到验证,已经完成 4 路步进电机的控制产品化,具有很高的应用价值。

**关键词:** 步进电机; TB6560; EPM240T100; 相位角; 控制系统

中图分类号: TP23

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2014)05-0671-05

## Stepping motor control system based on EPM240T100 and TB6560

LI Ai-zhu<sup>1</sup>, XU Liu-juan<sup>2</sup>

(1. Hangzhou Dongcheng Electronic Co. Ltd., Hangzhou 310021, China; 2. Department of Electrical Engineering, Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Aiming at solving the problems of conventional stepper motor integrated power drive chip, which are low driving current and complicated peripheral circuit; CPLD chip EPM240T100 was used as the core control chip, and TB6560 was used as the driver of stepping motor; the stepping motor control system based on EPM240T100 and TB6560 was devised. TB6560 integrated stepper motor driver chips, this series of functions were integrated in a chip, the drive current was improved, the freewheeling diode and other peripheral hardware circuit design were simplified, the motor drive module cost and stability were improved. CPLD chip I/O rich port resources were made full used; real-time control of four stepping motors was realized by the interface of four TB6560 stepping motor drive modules; the needs of practical application had been met. The results show that TB6550 is the stepper motor driver chip which has a broad application prospects. The whole system is verified in practical application, has completed the 4 stepper motor control products, has the very high application value.

**Key words:** step motor; TB6560; EPM240T100; phase angle; control system

## 0 引 言

在工业控制领域,机械控制部件驱动多采用交流电机、直流电机、步进电机,其中步进电机最广泛地应用于机电一体化产品中,特别是数控机床等机电控制的设备中。步进电机是一种将电脉冲信号转换成相应的角位移的机电元件<sup>[1]</sup>。它转动的角度与输入脉冲

的个数成正比,转动的速度与输入脉冲的频率成正比<sup>[2-3]</sup>。每接收到一个电脉冲信号,步进电机就按设定的方向转动一个固定的角度,这个角度称为“步距角”<sup>[4-5]</sup>。电机总转动角度由输入脉冲数控制,转速由输入脉冲信号的频率控制。步进电机驱动方式一般有单电压功率驱动、双电压功率驱动、高低压功率驱动、集成功率驱动芯片等,其中集成功率驱动芯片方式被

收稿日期: 2014-01-26

作者简介: 李爱竹(1985-),女,浙江杭州人,主要从事机电控制、电子信息方面的研究. E-mail: fanyehz@163.com

通信联系人: 徐柳娟,女,副教授. E-mail: xlj@zjwhc.com

最为广泛的使用<sup>[6-7]</sup>。步进电机集成功率驱动电路所采用的常规芯片有 ULN2003、L298、3977 等,这些芯片往往有驱动电流不够、外围电路复杂等缺点;该系统采用的步进电机驱动芯片为东芝公司的 TB6560,很好地解决了这些问题。TB6560 由于内部集成了续流二极管,4 个输出口不用接二极管,这样很明显地简化了外围电路;TB6560 单相最大输出电流 3.5 A,大大提升了步进电机的驱动能力。该系统采用 ALTERA 公司的 CPLD 芯片 EPM240T100 作为核心控制芯片,充分发挥 CPLD 芯片丰富的 I/O 口资源优势,配置 4 路 TB6560 步进电机驱动模块的控制接口,最高可实现 4 路步进电机的实时控制;从而满足机械控制、纺织设备、机器人控制等实际应用的需要。

## 1 步进电机 CPLD 控制系统方案

步进电机 CPLD 控制系统由 TB6560 电机驱动模块、CPLD 核心控制板、按键显示模块 3 个部分组成,系统框图如图 1 所示。

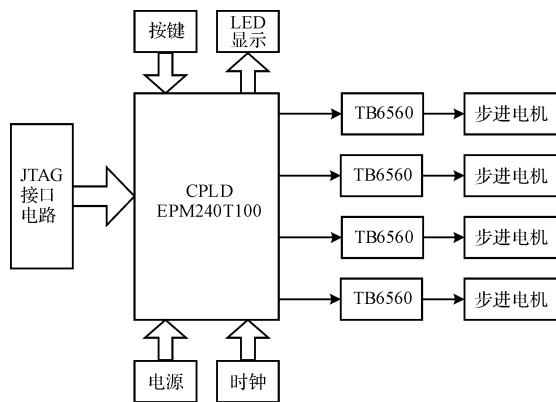


图 1 步进电机 CPLD 控制系统框图

TB6560 步进电机驱动模块包括 TB6560 步进电机驱动芯片以及外围电路、EPM240T100 控制接口电路。EPM240T100 的 I/O 输出为 3.3 V 电平, TB6560 驱动芯片的控制引脚电压为 5 V 电平, EPM240T100 控制接口电路完成 EPM240T100 输出的 3.3 V 控制信号转 5 V 的功能。

CPLD 核心控制板配置 EPM240T100 型号的 CPLD 芯片,实现 TB6560 步进电机驱动模块以及按键显示模块的实时控制功能。系统配置 4 路 TB6560 步进电机驱动模块的控制接口,实现 4 路步进电机的驱动,充分满足了实际应用中多路电机控制的需要。

按键显示模块由独立式按键、74LS164 驱动的静态 LED 显示电路组成,完成步进电机的启动、停止、正/反转、加速、减速等控制以及控制信息的实时显示功能。

## 2 TB6560 步进电机驱动模块设计

### 2.1 TB6560 步进电机驱动芯片

TB6560 是东芝公司的步进电机驱动芯片,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;具有整步、1/2、1/8、1/16 细分方式,实现步进电机的高精度位移控制;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。电机二相输出接口内部集成了续流二极管,不需外接二极管,简化了外围电路。

### 2.2 TB6560 步进电机驱动模块硬件设计

完整的步进电机驱动模块包括电源、接口隔离、控制信号产生、前置放大和功率开关电路,以及电流控制、过流检测与保护电路等<sup>[8]</sup>。TB6560 集成步进电机驱动芯片,将这一系列功能集成于一块芯片,简化了硬件电路设计,提高了电机驱动模块的性价比和稳定性。TB6560 电机驱动模块原理图如图 2 所示。

图 2 中,使能信号 EN 用来控制步进电机的启动,EN 信号为高电平,电机工作;EN 信号为低电平,电机停转。电机正、反转控制信号 DIR 用来控制步进电机的转向,DIR 信号为低电平,电机正转;DIR 信号为高电平,电机反转。MOTRST 信号用来实现电机的复位,实现电机的初始化,低电平有效。

TB6560 参数设置由 TB6560 的 M2、M1、TQ2、TQ1 引脚控制,具体如表 1 所示。M2、M1 用来设置步进电机的步距角,分为整步、半步、1/16 步距、1/8 步距;其中 1/16 步距为 16 细分,1/8 步距为 8 细分,这里将 M2、M1 设立为“11”,即 1/8 步距角。系统所接步进电机的转子齿为 50 齿,设置为 1/8 步距角模式,电机转 1 圈需要 400 个 SCLK。CPLD 芯片 EPM240T100 输出 1 个 SCLK,步进电机旋转 0.9°,可以实现高精度的位移控制。

表 1 TB6560 参数设置表

M2	M1	步距角	TQ2	TQ1	电流比率
0	0	整步	0	0	100%
0	1	半步	0	1	75%
1	0	1/16 步距	1	0	50%
1	1	1/8 步距	1	1	25%

TQ2、TQ1 用来设置步进电机的扭力电流,实现电机在不工作情况下,扭力电流降低,从而降低电机发热,防止电机因为过热而烧坏。步进电机运行状态下, EPM240T100 将 TQ2、TQ1 设置为“00”,即全流模式;步进电机静止状态下, EPM240T100 将 TQ2、TQ1 设置为



```

TQ2 <= '0'; -- 电机启动,电流全流
DIR <= dirdin;
step_count <= X"0000"; -- 计数器清零
elsif clkdiv<event and clkdiv = '1' then
    DIR <= dirdin;
if step_count >= X"0190" then -- 电机步数
    stop <= '1';
    EN <= '0'; SCLK <= '0';
    TQ2 <= '1'; -- 完成位移,关闭电机
else step_count <= step_count + 1; -- 步数计数
end if;
end if;
end process;

```

该进程在复位信号 reset 为 0,系统上电复位时,实现 TB6560 芯片的控制参数初始化。DIR 电机正、反转控制信号设置为 0,即正转;M2、M1 电机步距角控制信号设置为“11”,即 1/8 步距角;TQ2、TQ1 电机全半流控制信号设置为“10”,即电机静态下,扭力电流减半。

电机启动按键按下,经过 EPM240T100 的按键抗抖动处理,产生启动信号 start。启动信号 start 将 TB6560 使能信号 EN 置高电平,电机开始运行;TQ2、TQ1 电机全半流控制信号设置为“00”,即电机运行状态下,扭力电流处于全流状态。同时该进程配置一个计数器,实时记录步进电机的运行步数,当电机运行计数值 step\_count 为 400 时,EPM240T100 停止输出 SCLK,EN 置低电平,电机停止运行,TQ2、TQ1 电机全半流控制信号设置为“10”,即扭力电流减半。

TB6560 的控制程序 Quartus II 软件仿真波形如图 3 所示,可以满足系统的控制时序要求。整个 TB6560 的控制程序实现模块化,当系统需要控制多路步进电机时,只要调用对应的模块,就可以实现多路电机控制的功能。

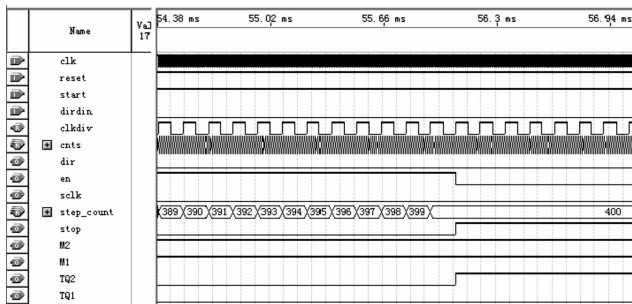


图 3 TB6560 控制程序仿真图

EPM240T100 通过 JTAG 下载线可以实现步进电机控制程序的在线调试,根据步进电机实际运行与示

波器测试波形的比较,来验证整个控制系统的功能。调试完成后,示波器测试波形如图 4 所示。CH1 为 TB6560 使能信号 EN,CH2 为步进电机控制脉冲 SCLK。

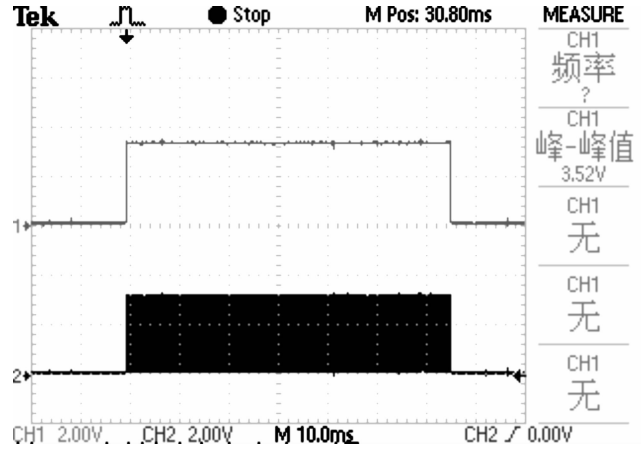


图 4 TB6560 控制信号示波器测试波形

EPM240T100 将 TB6560 使能信号 EN 置高电平后,电机开始运行;步进电机控制脉冲 SCLK 产生波形;当 SCLK 产生 400 个脉冲,电机正好转 1 圈,EPM240T100 停止输出 SCLK,EN 置低电平,电机停止运行。

## 4 结束语

基于 EPM240T100 和 TB6560 的步进电机控制系统已经完成 PCB 板的制作以及软、硬件调试,可以很好地完成步进电机的控制功能,具有启动、暂停、正/反转、连续运行、加速、减速等多种控制功能。EPM240T100 有丰富的 I/O 资源,系统具有 4 路 TB6560 电机驱动模块的接口,可以实现 4 路步进电机的实时控制功能;具有硬件电路简单、性价比高、稳定性高、应用广泛等优点,所设计的步进电机驱动器有着广泛的应用前景。

## 参考文献 (References) :

- [1] 胡惟文,蔡剑华,王先春. 基于 FPGA 的步进电机均匀细分驱动器的实现[J]. 微计算机信息,2008,24(2):183-184.
- [2] 吴益飞. 基于 MSP430 单片机的云台控制系统设计与实现[J]. 微计算机信息,2006,22(72):90-93.
- [3] 武亚平. 基于单片机技术研究 DxD 系列包装机的控制系统[J]. 包装与食品机械,2013(2):31-33.
- [4] 胡云卿,白建华,詹晓东. 基于 FPGA 的三相步进电机控制器[J]. 机电工程,2009,26(1):85-88.
- [5] 杨和平,周旋,童军. 步进电机的特点及应用[J]. 黑

龙江科技信息,2007(1):10-12.

- [6] 杜坤梅. 电机控制技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2002.
- [7] 周忠辉. 步进电机驱动的实现方法[J]. 仪表技术与传感器,2004(11):60-61.
- [8] 潘海燕,姚朝霞. 基于 L297 的两相步进电机驱动器[J]. 机电工程,2007,24(4):86-88.
- [9] 陈曙光. 基于 EPM240T 的 CPLD 开发板设计与实现[J].

天津职业大学学报,2010,19(3):80-82.

- [10] 王海华,宋 蕾. 基于 CPLD 的步进电机控制器设计[J]. 微计算机信息,2008,24(10):99-100.
- [11] 庞淑娟,倪受东. 基于 FPGA 的步进电机速度控制器的设计[J]. 新技术新工艺,2008(4):32-33.
- [12] 金元郁,李 勇,李园园. 基于 FPGA 的步进电机控制器设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2007(3):70-71.

[编辑:李 辉]

#### 本文引用格式:

李爱竹,徐柳娟. 基于 EPM240T100 和 TB6560 的步进电机控制系统[J]. 机电工程,2014,31(5):671-675.

LI Ai-zhu, XU Liu-juan. Stepping motor control system based on EPM240T100 and TB6560[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(5):671-675.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 661 页)

## 3 仿真结果

本研究通过所建立的仿真平台可以绘制出不同的轨道线路,并实现了线路信息与数据库的交互,在此基础上开发了列车线路运行仿真功能,对列车运行模拟进行显示监控。列车运行模拟仿真的软件界面如图 7 所示,用户选择保存的线路 Line11 进行了列车运行仿真显示与记录。仿真平台还可以继续拓展其他列车 ATS 功能,例如列车自动排列进路、时刻表自动调整、运行仿真回放、乘客信息发布等功能,开发出一套完整的列车 ATS 仿真系统。

## 4 结束语

本研究对 ATS 系统功能进行了分析,在 Visual Studio 2005 的软件环境中开发了列车 ATS 仿真平台。利用该仿真平台可以绘制出不同的列车线路,在此基础上进行相应列车线路 ATS 仿真系统的开发,具有较强的可拓展性和通用性。

本研究开发出的仿真系统可以用于列车 ATS 新技术的研究,也可以用于人员的培训,还可以结合列车 ATC 系统的其他系统进行联合仿真,具有一定的创新性与实用性。

## 参考文献(References):

- [1] 瞿莉丽. 浅谈列车自动控制系统 ATC[J]. 计算机与网络,2008(36):172-173
- [2] 朱 鸣. 列车运行仿真培训软件通用开发平台的设计与实现[J]. 城市轨道交通研究,2012,15(6):63-65.
- [3] 汪现雨. ATS 仿真系统交互式开发平台的研究与实现[D]. 上海:同济大学电子与信息工程学院,2006.
- [4] 陈永生,徐金祥. 上海轨道交通信号制式的多样性及其对策[J]. 城市轨道交通研究,2002,5(4):29-32.
- [5] 万 林,范 明. 列车运行控制系统仿真平台的研究[J]. 铁道通信信号,2010,46(7):71-74.
- [6] 赵 威. 城市轨道交通列车自动监控系统的研究[J]. 铁路通信信号工程技术,2008,5(5):30-32.
- [7] 秦 武. 城市轨道交通列车自动监控系统[J]. 上海铁道科技,2006(6):33-35.
- [8] 张琼燕,邓 瀚,赵 霞. 城市轨道交通列车运行控制系统仿真分析与研究[J]. 城市轨道交通研究,2012,15(8):103-107.
- [9] 华似磊,董俊祺. 城市轨道交通列车自动监控仿真系统组件设计与实现[J]. 城市轨道交通研究,2007,10(2):41-43.
- [10] 王 野,郭秀清. 基于组件技术的列车自动监控仿真系统开发平台[J]. 计算机应用,2007,27(Z2):286-288.

[编辑:李 辉]