

TMS320F2812 在步进电机控制系统中的应用

Control System of Step Motor Based on TMS320F2812 Chip

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 王地男 孙 航 王挺峰 张海波 冯 强
WANG Di-nan SUN Hang WANG Ting-feng ZHANG Hai-bo FENG Qiang

摘要: 步进电机是一种能将数字输入脉冲转换成旋转或直线增量运动的电磁执行元件,用途十分广泛。本文从工程应用的角度出发,以 TMS320F2812 DSP 芯片作为控制核心,结合专用步进电机驱动器,设计了一套可同时控制 12 个电机,且具有位移控制和多级调速功能的步进电机控制系统。文中重点介绍了步进电机控制系统中以 TMS320F2812 DSP 芯片为核心的步进电机控制器的软、硬件设计与开发。该控制系统目前已在多个工程项目中得到了广泛的应用。

关键词: TMS320F2812; 自动控制; DSP; A/D 转换

中图分类号: TP23

文献标识码: B

Abstract: Step motor is the same with acting as execution component in the numerical control system. A control system of step motor that enable operator to control displacement and adjust velocity discretionarily was designed, using the TMS320F2812 chip and the step motor drive. This control system can control 8 step motors. The design of the hardware and software of the step motor controller which is the part of the control system was introduced. This control system has been used in some engineering project at present.

Key word: controller; TMS320F2812; Control System; DSP; A/D Convert

1 引言

步进电机是一种用电脉冲信号进行控制,并将电脉冲信号转换成相应的角位移或线位移的控制用电机。它输出的位移与输入的电脉冲个数成正比,转速与脉冲频率成正比,最适用于在数控开环系统中做执行元件,用途十分广泛。

TMS320F2812 芯片是一种定点 DSP 芯片,它具有低成本、低功耗、高性能的处理能力,而且片内还集成有 A/D 转换、串口通信等几种先进外设,是一种真正的单芯片控制器,对电机的数字化控制非常有用。

本文从工程应用的角度出发,结合步进电机专用驱动器,设计了一种以 TMS320F2812 芯片作为核心控制单元,且具有位移控制和多级调速功能的步进电机控制系统。

2 TMS320F2812 芯片简介

TMS320F2812 芯片是 TI 公司 TMS320 系列 DSP 的一种, TMS320 系列 DSP 专为实时信号处理设计,该系列 DSP 将实时处理功能和控制外设功能集于一身,具有灵活的指令集和内部操作、高速的运算能力以及改进型哈佛结构等特点,为控制系统应用提供了一个理想的解决方案。TMS320F2812 芯片内部集成有存储器和外设,能够减少系统成本,节省电路板空间,以及提高系统的可靠性。

TMS320F2812 芯片采用高性能静态 CMOS 技术,供电电压为 3.3V,减少了控制器的功耗;30MIPS 的执行速度使得指令周期缩短到 33ns(30MHz),从而提高了控制器的实时控制能力。

片内有高达 32K 字的 FLASH 程序存储器,高达 1.5K 字的数据/程序 RAM,544 字双口 RAM (DARAM) 和 2K 字的单口 RAM(SARAM);以及 64K 字的程序存储器空间,64K 字的数据存

储器空间和 64K 字的 I/O 寻址空间,共计 192K 字的可扩展的外部存储器空间,这不仅使得控制器可以存储大量的程序代码,还具有在线仿真功能,方便系统调试。

片内有两个事件管理器模块 EVA 和 EVB,每个包括:两个 16 位通用定时器;8 个 16 位的脉冲调制(PWM)通道,能够实现三相反相器控制、PWM 的对称和非对称波形输出。片内还有 3 个捕获单元、光电编码接口电路和 16 通道的 A/D 转换器。TMS320F2812 芯片特别适用于控制各种类型的电机。10 位 A/D 转换器最小转换时间为 500ns,可选择由两个事件管理器来触发两个 8 通道输入的 A/D 转换器或一个 16 通道输入的 A/D 转换器。

片内的串行通信接口 (SCI) 模块和 16 位的串行外设接口 (SPI) 模块为控制器与外部通信提供了接口;40 个可单独编程或复用的通用输入/输出引脚(GPIO)为相关信号的输入/输出提供了接口。

另外,片内还有 3 种低功耗电源管理模式,能独立地将外设器件转入低功耗工作模式,从而减少系统功耗;利用外部中断,芯片还具有电机驱动保护功能,可以提高系统的可靠性。TMS320F2812 芯片功能强大。

3 系统工作原理与组成

TMS320F2812 芯片具有的各种强大功能,可为步进电机控制系统的设计提供很多选择。我们利用 TMS320F2812 芯片的事件管理模块、串口通信接口模块、A/D 转换模块和通用输入/输出引脚功能,设计了一种具有位移控制和多级调速功能的步进电机控制系统。

控制系统主要由主控计算机、以 TMS320F2812 DSP 芯片为核心的控制器、电位计和步进电机驱动器组成。系统组成如图 1 所示。

王地男:高级工程师

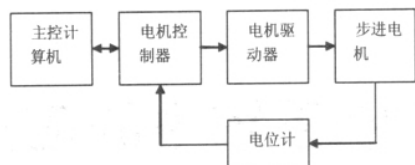


图 1 步进电机控制系统的组成示意图

系统的工作原理是：主控计算机利用串口通信向以 TMS320F2812 DSP 芯片为核心的控制器发送控制指令与参数，DSP 以中断的方式接收控制指令和参数，经片内软件运算处理后，将接收到的控制指令和参数转化为相应电机的执行指令，DSP 再根据电机执行指令，控制通用输入/输出引脚向步进电机驱动器发出驱动步进电机运动的脉冲信号，步进电机驱动器根据接收到的驱动脉冲信号，就能驱动步进电机执行相应的动作。

另外，由于步进电机用于开环控制系统，为了防止电机在工作过程中，由于系统突然断电或其它因素可能造成的系统零位漂移或位移量失真等异常情况，我们在设计步进电机控制系统时，又利用 TMS320F2812 DSP 芯片中的 A/D 转换功能结合电位计，为控制系统增加了一套位移反馈机制，使得系统具有位移量纠错功能。

控制系统的关键在于以 TMS320F2812 DSP 芯片为核心的控制器的设计，正是由于我们采用了串口通信和位移量反馈机制，使得我们设计的控制系统具有智能控制能力。

4 控制器的设计

4.1 硬件设计

控制器的核心是 TMS320F2812 DSP 芯片。利用片内的 A/D 转换模块实现对电位计反馈来的位移量的提取；利用片内的串口通信模块，外接 RS-232 串行口实现 DSP 与主控计算机的通信；利用 DSP 芯片的输入输出引脚与步进电机驱动器的控制信号输入引脚相连，实现对步进电机执行动作的控制；利用片内事件管理模块结合相应的输入输出引脚，使得步进电机具有位移调整和速度调整功能。由于 TMS320F2812 DSP 芯片的输入输出引脚有 40 个，而步进电机驱动器的有效控制信号输入引脚通常只有几个，所以一个控制器可以控制多个步进电机。控制器硬件设计的原理如图 2 所示。

4.2 软件设计

控制器的软件采用 C 语言编写，软件主要由主程序、串口中断子程序和 A/D 转换中断子程序组成。主程序用于 TMS320F2812 DSP 芯片的初始化、控制指令与参数的转化及步进电机驱动信号的生成；串口中断子程序用于实现接收来自主控计算机的控制指令和参数；A/D 转换中断子程序用于实现接收电位计反馈来的位移量。软件执行流程如图 3 所示。

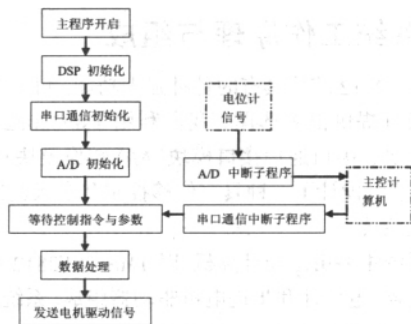


图 3 控制器的软件执行流程示意图

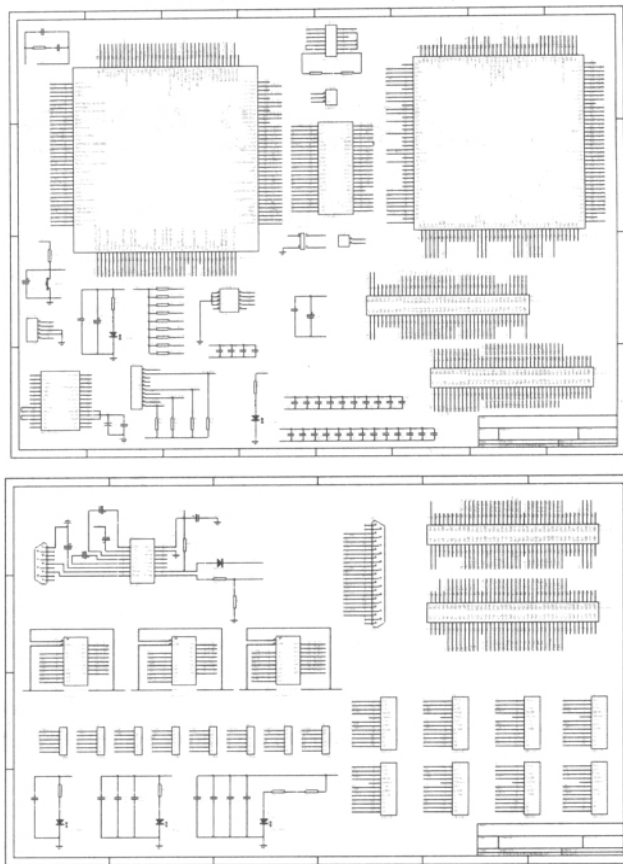


图 2 控制器的硬件设计原理图

5 结束语

TMS320F2812 DSP 芯片特有的低成本、低功耗和高性能的处理能力，能够减少系统成本，节省电路板空间，以及提高系统的可靠性，使得它在电机的数控系统中广泛应用。我们采用 TMS320F2812 DSP 芯片已设计出可以同时控制 8 个电机，且具有位移控制和多级调速功能的步进电机控制系统，该控制系统目前已成功地在多个工程项目中得到应用。

参考文献

- [1]张卫宁译.TMS320C28X 系列 DSP 的 CPU 与外设[M].清华大学出版社,1996.5,251~260
- [2]卢志刚 吴杰等.数字伺服控制系统与设计[M].机械工业出版社,2002.3,113~221
- [3]胡寿松.自动控制原理[M].国防工业出版社,2002,6
- [4]赵千川 冯梅.现代控制系统(第 10 版)[M].清华大学出版社,2008,9
- [5]习博,方彦军.嵌入式监测系统中网络通信的研究与实现[J].电力自动化设备,2004,7.
- [6]邓璐娟,王利亚等等.远程网络视频监控系统的设计与实现[J].微计算机信息,2007,21,142~144.
- [7]TMS320DM642 Video/Imaging Fixed-Point Digital Signal Processor [M]. Texas Instrument Incorporated, 2002.
- [8]聂秋.基于 TMS320DM642 的网络摄像机设计[J].芯片应用,2005,(7).
- [9]彭启琮 DSP 集成开发环境[M].电子工业出版社,2004.
- [10]TMS320C6000 DSP/BIOS Application Programming Interface (API) Reference Guide [M]. Texas Instrument Incorporated, 2002.

(下转第 146 页)

$$C = N - S - I \quad (5)$$

$$\text{系统的吞吐率: } \eta_{\text{IDFSA}} = \frac{\text{成功时隙数}}{\text{总时隙数 (帧长)}} = \frac{S}{N} = \frac{n}{N} \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{n-1} \quad (6)$$

, 对(6)式求导以取得最合适的标签数量, 得到: $n = \left\lfloor \frac{1}{1 - 1/N} \right\rfloor$ (7)

因此最佳帧长度为:

$$N_{\text{OPT}} = \frac{1}{1 - e^{-1}} \quad (8)$$

在联合防碰撞算法中, 用 N, S, I, C 分别代表在基于 Aloha 算法帧长及分组改进算法中相应的时隙数, 用 $n_k (1 \leq k \leq C)$ 代表在碰撞时隙 j 中的标签数量。

因此这种联合算法一帧的吞吐率为:

$$\eta_{\text{combined}} = \frac{S + \sum_{k=1}^C n_k}{(N-C) + \sum_{k=1}^C (2n_k - 1)} \quad (9)$$

其中

$$S' = S + \sum_{k=1}^C n_k \quad (10)$$

为此联合帧中成功识别的时隙数:

$$N' = (N-C) + \sum_{k=1}^C (2n_k - 1) \quad (11)$$

为此联合帧总时隙数。

由于此联合防碰撞算法中, 帧长已经由 IDFSA 算法确定为适当的值 N , 所以由式(5), (9), (10)可得, 联合防碰撞算法的吞吐率为:

$$\eta_{\text{combined}} = \frac{S'}{2S' - (N - 2I)} \quad (12)$$

理论上, 此联合防碰撞算法可一次将此帧内所有标签阅读完毕, 即 $S' = n$, 因此,

$$\eta_{\text{combined}} = \frac{n}{2n - N + 2I} \quad (13)$$

当待识别标签数与帧长度基本相同时, 由于

$$N - 2I = (n+1) - 2(n+1)\left(1 - \frac{1}{n+1}\right)^{n+1} \geq 1 \quad (14)$$

所以由(12), (14)可得联合防碰撞算法的最佳吞吐率为:

$$\eta_{\text{combined(max)}} = \frac{S'}{2S' - [(n+1) - 2I]} \geq \frac{S'}{2S' - 1} \quad (15)$$

又因为 $S' = n$, 所以

$$\eta_{\text{combined(max)}} \geq \frac{n}{2n - 1} \quad (16)$$

即 $\eta_{\text{combined}} \geq \frac{1}{2}$, 因此由上述推导可以得出这种新型联合防碰撞算法的最优吞吐率要高于前两种算法。

4 仿真结果分析

在 Matlab 环境下, 可以得到联合防碰撞算法(combined), IDFSA 算法和二进制树形搜索算法(BS)在标签数目较少的情况下吐率变化对比曲线。仿真结果如图 1 示。

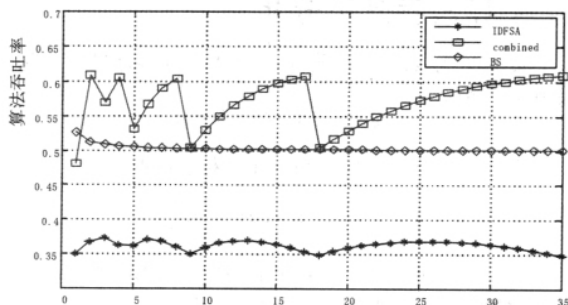


图 1 三种算法在不同数量标签情况下吐率变化曲线

由图 1 可知当标签数目在 350 以内的情况下, IDFSA 算法吞吐率最高达到 36.8%, BS 算法吞吐率基本保持在 50% 左右, 而

联合防碰撞算法效率较高基本保持在 50% 以上且最高超过 60%。

5 结束语

本文在基于 Aloha 算法帧长及分组改进方法(IDFSA)分析的基础上, 结合 IDFSA 和二进制树搜索防碰撞算法的优点, 提出了新型联合防碰撞算法, 对原算法进行改进。通过 Matlab 仿真软件对三种算法仿真与分析, 结果表明本文提出的算法进一步提高了算法的性能, 减少了识别过程中的时延, 更高效地解决射频识别系统中的标签应答数据冲突问题。

本文创新点: 本文结合较常用的 Aloha 算法和二进制树算法的优点, 提出了一种新型 RFID 联合防碰撞算法, 将二进制算法植入 Aloha 算法中, 从而有效地提高了系统吞吐率, 缩短了标签读取时间。

参考文献

[1] Aleksandar Micic, Amiya Nayak, David Simplot-Ryl Ivan Stojmenovic, "A hybrid randomized protocol for RFID tag identification" [R], IEEE Int. Workshop on Next Gen. Wireless Networks, 2005

[2] 张玉平, 赵东东, 洪辉, UHF 频段 RFID 系统防碰撞算法研究[J], 微计算机信息, 2009(25)3-2:228-229.

作者简介: 刘路(1982—), 男(汉族), 河南人, 湖南大学电气与信息工程学院硕士研究生, 主要研究领域为 RFID 测试系统; 陈洪云, (1954—), 男(汉族), 上海人, 湖南大学电气与信息工程学院副教授, 研究生导师; 何怡刚(1966—), 男(汉族), 湖南人, 湖南大学电气与信息工程学院教授, 博士生导师, 湖南大学电路系统测试技术研究所所长。主要研究领域为电路系统测试, RFID 测试等。

Biography: LIU Lu (1982—), Male (the Han nationality), Henan Prov., Hunan University, Major in Electrical engineering, Research area: RFID test system and interrogator design.

(410082 湖南 湖南大学电气与信息工程学院) 刘路 陈洪云 何怡刚

(College of Electrical & Information Engineering, Hunan University, Hunan 410082, China) LIU Lu CHEN Hong-yun HE Yi-gang

通讯地址: (410082 湖南大学电气与信息工程学院科研楼 原 13 舍) 刘路

(收稿日期: 2010.01.28)(修稿日期: 2010.04.25)

(上接第 122 页)

[11] 张小鹏 赵宇明 胡福乔, 基于 DM642 平台的 PPP 协议的实现及应用[J], 微计算机信息, 2007, 20:1-3.

作者简介: 王地男(1955—), 男, 吉林长春人, 高级工程师, 主要从事电子学设计和开发。

Biography: WANG Di-nan (1955—), Male, born in Changchun of Jilin province, engineer. Now research in design and development of electrical.

(130033 吉林长春 长春光学精密机械与物理研究所) 王地男 孙航 王挺峰 张海波 冯强

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun Jinlin, 130033, China) WANG Di-nan ZHANG Hai-bo FENG Qiang

通讯地址: (130033 吉林 长春东南湖大路 3888 号 长春光学精密机械与物理研究所 光电对抗部) 王地男

(收稿日期: 2010.01.28)(修稿日期: 2010.04.25)