

基于 DSP 的直流位置伺服控制系统

申明会¹, 赵 曜¹, 葛一楠²

(1. 四川大学 电气信息学院, 四川 成都 610065; 2. 成都大学 电子信息工程系, 四川 成都 610106)

摘要: 介绍了基于数字信号处理器的直流 PWM 位置伺服控制系统的设计. 该系统以 TI 公司的运动控制芯片 TMS320LF2407A 和 SGS 公司的功率驱动芯片 L298 为核心, 具有结构简单可靠、控制精度高等特点. 论文将详细给出系统的硬件结构和实现.

关键词: 数字信号处理器; 脉宽调制; 位置伺服控制系统

中图分类号: TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2005)5A-0035-04

DC Motor Position Servo Control System Based on DSP

SHEN Ming-hui¹, ZHAO Yao¹, GE Yi-nan²

(1. School of Electrical and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 2. Department of Electronic and Information Engineering, Chengdu University, Chengdu 610106, China)

Abstract: This paper presents a DC PWM motor position servo control system based on DSP. There are two main parts used in this system. One is TI (Texas Instruments)'s TMS320LF2407A, the other is SGS's L298. Based on the two chips, the system has such features as simple structure, high reliability and high control precision. Its hardware structure and realization are discussed in detail.

Key words: DSP; PWM; position servo control system

0 引 言

随着电力电子技术的发展及其应用技术的进步、单片微型计算机的高速发展、外围电路元件专用集成件的不断出现,使得直流伺服电动机控制技术有了显著进步.特别是晶体管脉 D 冲宽度调制(PWM)直流伺服控制系统,以其宽范围的速度和位置控制成为现代直流伺服控制系统的佼佼者,得到迅速的发展和广泛的应用.现代直流伺服控制系统的广泛应用反过来又推动了优良的电机控制元件和驱动元件的出现. TI 公司的 TMS320LF2407A 和 SGS 公司的 L298 就是其中的代表. 1997 年, TI 公司推出了专用的运动控制微控制器 TMS320X240, 得到了广泛的关注^[4], 而 TMS320LF2407A 是 TI 最新一代的 DSP, 是当前世界上集成度最高、性能最强的运动控制 DSP 芯片.

1 TMS320LF2407A DSP 的结构与特点

TMS320LF2407A 具备一般 DSP 芯片的结构见图 1, 是 TI 公司专门针对电机、逆变器、机器人、数控机床等控制系统而设计的. 它以 16bit 定点 DSP CPU 为内核, 配置了完善的外围设备, 有如下特点^[2]:

- 1) 高性能的静态 CMOS 制造技术, 域此该 DSP 具有低功耗和高速度的特点. 工作电压 3.3 V; 但指令周期最短为 25 ns (40 MHz), 最高运算速度可达 40 Mips, 4 级指令执行流水线.
- 2) 片内集成了 32 K 字的 Flash 程序存储器、2 K 字的单口 RAM (SARAM)、544 字的双口 RAM (DARAM).
- 3) 提供外扩展 64 K 字程序存储器、64 K 字数据存储器、64 K 字 I/O 的能力.
- 4) 两个专用于电动机控制的事件管理器 (EV), 每一个都包含: 2 个 16 位通用定时器; 8 个 16 位脉宽

收稿日期: 2005-08-03.

第一作者简介: 申明会 (1981.8~), 男, 在读硕士研究生. 主要研究方向: 微机控制技术与应用.

E-mail: xx-cd@sohu.com

调制(PWM)输出通道;1个能够快速封锁输出的外部引脚 PDPINTx;可防止上下桥臂直通的可编程死区功能;3个捕捉单元(CAP);1个增量式光电位置编码器接口(QEP).它将数字信号处理的运算能力与面向电机的高效控制能力集于一体,实现了用软件取代模拟器件,能够方便地实现各种复杂的控制策略,对电机的数字化控制提供了强大的支持.

5) 可编程看门狗定时器,保证程序运行的安全性.

6) 16通道10位A/D转换器,4个启动A/D转换的触发源,最快A/D转换时间为375 ns.

7) 控制器局域网(CAN)2.0B模块.

8) 串行通信接口模块(SCI)和串行外设接口模块(SPI).

9) 41个通用数字I/O引脚.

10) 32位累加器和32位中央算术逻辑单元(CALU);16位乘16位并行乘法器,可实现单指令周期的乘法运算;5个外部中断.

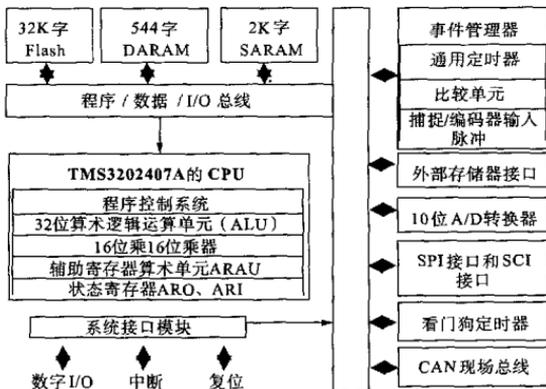


图1 TMS320LF2407A结构

2 功率驱动芯片 L298

功率驱动电路是系统的核心部分,考虑到所控制的电动机功率较小(小型直流伺服电机),该系统选择了L298作为控制电机部分的功率器件.L298是双H桥高压大电流功率集成电路,可用于驱动集电器、线圈、直流电机、步进电机等感性负载,其内部结构如图2所示.由图可见,每个H桥的下侧晶体管发射级连在一起,其输出脚(1和15)可用来连接电流检测电阻,第4脚为电机驱动电源,本系统中为30V,第5,7,10,12脚输入标准的TTL逻辑电平,用来控制H桥的开和关,第6,11脚则为使能控制端.当电源电压为40V时最高输出电压可达35V,连续电流可达2A.

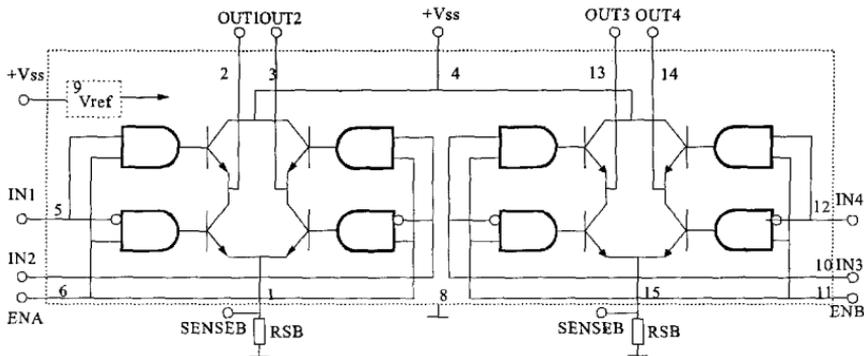


图2 L298内部结构

3 系统构成

论文设计的直流伺服系统结构见图 3. 直流伺服系统由内到外一般由电流环、速度环、位置环三个环路组成. 对于中小功率的伺服系统, 由于电机的电枢电阻大, 允许的过载倍数高, 机电时间常数小, 故不必限制过渡过程中的电流. 由于本系统所使用的是小型直流电机, 只设计了速度环和位置环.

3.1 位置信号和速度信号的测量

该系统应用每转输出 400 个脉冲的增量式光电码盘进行位置信号和速度信号的测量.

光电码盘可输出两路(A相、B相)相隔 $\pi/2$ 电脉冲角度的正交脉冲信号, 这两路信号直接送给 TMS320LF2407A 的正交编码脉冲输入单元(QEP). 无须添加任何硬件, QEP 可对输入脉冲进行 4 倍频以提高分辨率, 使电动机可在极低的速度下运行. QEP 还对 A 路脉冲、B 路脉冲的输入次序进行判别, A 路输入超前时, 计数器进行加记数, 否则减记数, 由此即可判断电机的转向.

速度的测量采用 M/T 法, 实现对电机转速的高精度测量.

3.2 外部程序和数据存储器的扩展

2407A 有程序和数据存储器的扩展功能, 分别使用 PS, DS 作为片选信号. 该系统使用一片 CY7C1021 来同时扩展程序和数据存储器. CY7C1021 为 16 位数据宽度 64 K 地址空间静态随机存储器, 电源提供为 3.3 V, 最快读写周期为 20 ns.

具体实现时, PS, DS 相“与”连接 CY7C1021 的 CE 引脚, 实现了 CPU 在读写程序空间或者数据空间都是选中 SRAM. 2407 A 工作在微处理器模式, 程序从外部空间 0000 H 开始执行, 0000 H ~ 7 FFFH 为程序存储空间, 便于仿真时反复擦写; 8000 H ~ FFFH 为数据存储器空间, 在地址小于 7 FFFH 时仍访问内部数据存储器 and 寄存器.

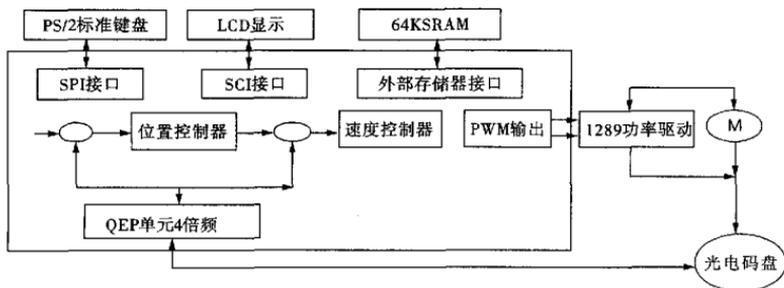


图3 系统总体框图

3.3 液晶显示和键盘输入的设计

液晶显示器的工作频率低, 而且 2407 A 的大多数数字 I/O 口为多功能复用引脚, 直接使用数字 I/O 口控制液晶显示器将因为等待而占用较多 CPU 资源, 使得 DSP 实时性变差, 还占用了许多引脚. 使用一片 AT89C4051 控制液晶显示时序, 通过串行通信接口 (SCI) 和其上位机 2407 A 进行通信, 2407 A 通过中断方式收发数据. 这样便节省了很多的系统资源, 下位机 AT89C4051 控制液晶显示器实现了高速数据和低速数据的转换.

出于同样节省系统资源的考虑, 使用 2407 A 自带的 SPI 接口与 PS/2 标准键盘通信. DSP 采用中断方式接收键盘数据. 值得一提的是, 虽然 SPI 中断的优先级可调, 但必须使用其高优先级.

4 控制策略

常规 PID 算法具有结构简单、稳定性好、易于工程实现等优点, 至今仍得到广泛应用. 在该系统中见

图3,位置控制器为PI控制,以消除系统静差;因为该系统使用的是小功率电机,机电时间常数小,动态过渡时间短,故速度控制器选用P控制器即可.用2407A实现了增量式数字PI控制,在抑制积分饱和和作用时,使用超限削弱积分法见图4.PI系数的选择采用解析法加实验法.

$$u_i = K(e_i + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^i e_j) + u_0 \quad (1)$$

$$u_{i-1} = K(e_{i-1} + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^{i-1} e_j) + u_0 \quad (2)$$

(1)式减(2)式得到控制增量

$$\Delta u_i = K(e_i - e_{i-1} + \frac{T}{T_i} e_i) \quad (3)$$

5 结果

对机电时间常数为0.1的小功率电机,选择适当的PI参数后,给定位置 θ 的阶跃信号,图5为得到的仿真曲线.由图可见调节时间 $t_s < 0.2$ s,静态误差 $ess = 0$,系统具有良好的动态、静态性能,可实现快速、精确的定位.实际的位置响应应为负载的扰动和电机的低速脉动现象和图5有偏差,但偏差不大.

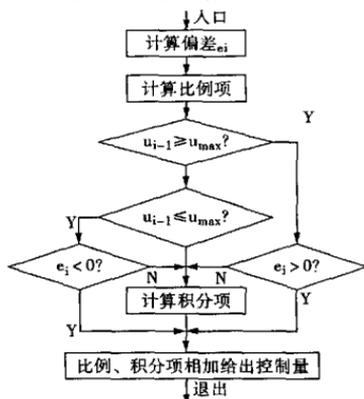


图4 采用超限削弱积分PI算法

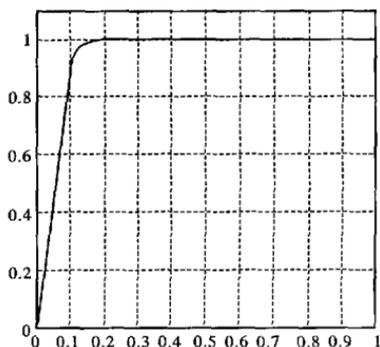


图5 位置的阶跃响应

6 结论

基于TMS320LF2407A和L298的直流位置伺服控制系统模块化程度高,简化了电路的设计,提高了电路的抗干扰能力.同时,针对不同的应用环境,编程开发方便,具有优异性价比,在直流伺服控制系统中必将有广阔的发展前景.

参考文献:

- [1] 秦继荣,沈安俊.现代直流伺服控制技术及其系统设计[M].北京:机械工业出版社,1993,1~2.
- [2] 王晓明,王玲.电动机的DSP控制—TI公司DSP应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004,8~10.
- [3] 谢剑英.微型计算机控制技术[M].北京:国防工业出版社,1991,149~153.
- [4] 杨延西,赵跃,李琦.基于DSP的全数字直流位置伺服控制系统[J].西安理工大学学报,1999,15(4):66~69.