

基于 MSP430 的直流电机 PWM 调速双闭环控制系统设计

董燕飞

(河南城建学院, 河南 平顶山 467044)

摘要:介绍了一种超低功耗 16 位单片机 MSP430F2619。基于 MSP430F2619 设计一直流电机双闭环 PWM 调速系统,由测速发电机检测直流电机转速构成速度反馈,霍尔电流传感器检测电枢电流构成电流反馈。MSP430 完成转速、电流双闭环控制器的数字算法。MSP430 单片机的定时器生成 PWM 波,经功率驱动芯片放大后控制直流电机的电枢电压进行平滑调速。实验表明该控制系统实现简单、调速性能可靠。

关键词:测速发电机; PWM 调速; 双闭环控制器

中图分类号: TM33; TP31 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003 - 0794(2010)06 - 0206 - 03

Designing of DC Motor PWM Regulating Speed System Controlled by Double Closed Loop Based on MSP430 Single Chip Microcomputer

DONG Yan-fei

(Henan Urban University, Pingdingshan 467044, China)

Abstract: Present MSP430F2619 which is a kind of ultra low powerloss 16-bit single chip microcomputer. Design a DC Motor PWM regulating speed system. The feedback speed is formed by measuring speed motor and the current feedback is gotten by LEM. The digital controlling method of speed and current is actuated by MSP430. The PWM wave generated by MSP430 timer, which is amplified by driving chip, control the DC motor voltage to regulate the speed. The experiment verifies that the controlling system can regulate speed smoothly and can be designed easily.

Key words: measuring speed motor; PWM regulating speed; double closed-loop controller

1 MSP430 单片机优点简介

MSP430 系列的单片机是 TI 公司 1996 年开始生产的一种 16 位的超低功耗混合信号处理器 (Mixed Signal Processor)。MSP430F2XX 系列单片机以小巧、灵活、快速而著称。MSP430F2619 具有以下特征:(1)低电压工作范围:1.8 V~3.6V。(2)超低功耗:活动模式 365 μ A;待机模式 0.9 μ A;掉电模式时候为 0.1 μ A;2.2 V 时钟频率 1 MHz。(3)唤醒时间短,从待机模式下唤醒仅需 1 μ s。(4)16 位精简指令结构(RISC), 62.5ns 指令周期。(5)3 个内部通道 DMA。(6)具有内部参考电压、采样保持,自动扫描特征的 12 为 A/D 转换器。(6)具有同步的双 12 位 D/A 转换器。(7)具有 3 个捕获/比较寄存器的 16 为定时器 A。具有 7 个捕获/比较 Shadow 寄存器的

拟装配;利用软件完成了系统虚拟仿真的零部件、系统总体的运动学、动力学仿真,给出了仿真结果。

溜槽传动装置虚拟仿真的应用研究具有很大经济效益和社会效益。同样为其他大型复杂机械系统的可靠性研究提供了参考。

参考文献:

- [1]郭木义.基于软件系统的齿轮传动可靠性研究[J].煤矿机械,2008,29(4):197-199.

16 位定时器 B。(7)具有片上比较寄存器。(8)4 个通用串行通信接口(USCI)模块;增强 UART 支持,自动波特率检测(LIN);IrDA 编码和解码;同步 SPI。(9)具有可编程电平检测的供电电压管理器/监视器。(10)可在线串行编程,不需要外部编程电压。

2 双闭环调速控制系统的电路原理图及硬件组成

基于 MSP430F2619 的直流电机双闭环调速系统电路原理如图 1 所示。调速系统包括 MSP430F2619 单片机、上位机、液晶转速显示屏、光耦 TLP521-1、反相器、光耦 TLP521-2、直流电机驱动芯片 L298、直流电动机、测速发电机、电流滤波电路、电流调理电路、转速滤波电路和转速调理电路。

- [2]曹岩. Pro/ENGINEER WILDFIRE 产品设计实例精解[M].北京:机械工业出版社,2005.

- [3]张学军. PRO/ENGINEER WILDFIRE 机械设计与应用[M].北京:国防工业出版社,2006.

- [4]杨莉,夏大勇.基于 Pro/E 的 3D 渐开线蜗杆参数化设计[J].煤矿机械,2005,26(10):11-13.

作者简介:郭木义(1971-),山东济南人,博士,华北水利水电学院副教授,主要从事系统仿真研究,电子信箱:yishuguo@163.com.

责任编辑:于淑清 收稿日期:2009-12-29

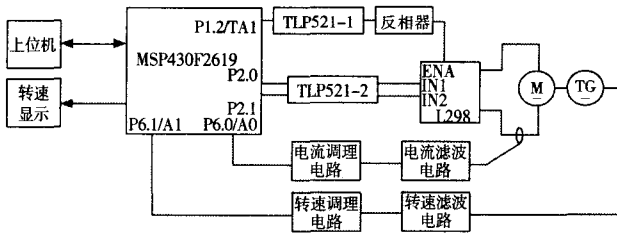


图 1 双闭环调速控制系统电路原理图

MSP430F2619 单片机作为控制系统的核心。MSP430F2619 通过片内外设与上位机串行通信获得直流电机转速的给定值和转速方向等相关信息，利用片内资源驱动 LCD 显示直流电机的转速、转向等信息。

MSP430F2619 通过 P6.0/A0 采集直流电机的转速反馈值，通过内部 12 位 A/D 进行模数转换，转换值与转速给定值进行代数和运算，偏差作为转速 PI 控制器的输入。MSP430F2619 通过 P6.1/A1 采集直流电机的电流反馈值，通过内部 12 位 A/D 进行模数转换，转换值与电流给定值进行代数和运算，偏差作为电流比例控制器的输入。MSP430F2619 通过 P1.2/TA1 输出 PWM 波经过光耦 TLP521-1 隔离和反相器求反后送给电机驱动芯片 L298 的使能端 (ENA)，控制直流电机的转速。MSP430F2619 的 P2.0 和 P2.1 端口输出值经光耦 TLP521-2 隔离后送给电机驱动芯片 L298 的 IN1 和 IN2 端口，以确定直流电机的正、反转方向。

2.1 部分硬件介绍

在单片机系统中为提高系统的抗干扰性，常采用电气隔离的方法。本文采用光耦隔离的方法，先把 MSP430 单片机送给光耦的电信号转换为光信号，再把光信号转换为单片机系统的电信号，从而实现单片机与外部电路之间的电气隔离。图 2 为光耦 TLP521-1 实现 MSP430F2619 的 P1.2/TA1 输出端口与驱动芯片 L298 的 ENA 口之间电气隔离的电路图。

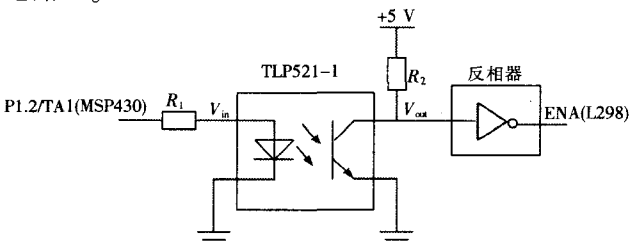


图 2 TLP521-1 实现电气隔离电路图

由图 2 知，当 TLP521-1 的输入端 V_{in} 为高电平时，对应的输出端 V_{out} 为低电平； V_{in} 为低电平时， V_{out} 为高电平。因此为了保证 MSP430 的 P1.2/TA1 输出 PWM 波的极性，在 TLP521-1 的输出端接反相器

74HC14 后再送给电机驱动芯片 L298 的输入使能端 ENA 来驱动电机。

电机驱动采用专业芯片 L298。L298 内部有 2 个功能完全相同的驱动模块，每个模块能控制一个直流电机调速。本文设计只用其中的一个模块。该模块有 3 个控制输入端口：ENA、IN1 和 IN2。ENA 接 PWM 波，IN1 和 IN2 用来组合控制电机的转向。控制输入端的电平和电机转动状态的对应关系如表 1 所示。表中 H 表示控制输入为高电平，L 表示低电平，X 表示高电平或者低电平。

表 1 L298 控制信号与直流电机转向关系

| ENA | IN1 | IN2 | 电机状态 |
|-----|-----|-----|------|
| H | H | L | 正转 |
| H | L | H | 反转 |
| H | H | H | 快速停止 |
| H | L | L | 快速停止 |
| L | X | X | 自由停止 |

3 转速、电流双闭环控制器设计

基于 MSP430 的转速、电流双闭环控制原理如图 3 所示。

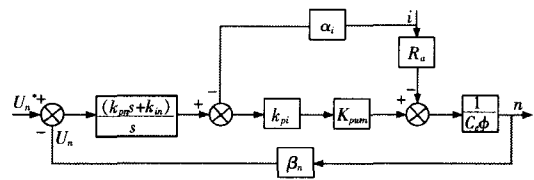


图 3 转速、电流双闭环控制原理

β_n 为转速反馈增益， α_i 为电枢电流反馈增益。转速环控制器采用比例积分控制器，电流环采用比例调节器。 U_n^* 为转速给定， U_n 为经过测速发电机和转速滤波、调理后的转速反馈值。 U_n 与 U_n^* 的差值送给比例、积分调节器调节，比例、积分调节器的输出作为电流环的给定值。电流环的给定值与电流反馈值的差值送给电流环比例调节器进行调节，比例调节器的输出和载波进行比较生成 PWM 波。PWM 波经电机芯片功率放大后驱动开关管控制电机转速。

根据双环控制系统的设计准则，先设计电流环，再设计转速环。内环的带宽约为外环带宽的 10 倍左右。功率开关管的开关频率取为 16 kHz。内环的穿越频率定为 1 kHz，外环的穿越频率设计为 450 Hz，电流环的比例系数 k_{pi} 为 0.8，转速环的比例系数为 k_{pn} 1.8，转速环的积分系数 k_{in} 为 200。

转速环的 PI 控制器的传递函数为

$$\frac{u(s)}{e(s)} = k_{pn} \left(1 + \frac{k_{in}}{s} \right) \quad (1)$$

采用增量控制算法。离散设计公式为

基于 Inventor 的装配与“驱动约束”运动仿真设计法 *

王小玲

(武汉纺织大学 机电学院, 武汉 430073)

摘 要: 探讨了利用 Autodesk Inventor 软件“驱动约束”模块实现机构运动仿真的方法, 阐述了面向装配与驱动约束的零件建模关键技术, 研究了如何设计函数表达式以实现多个关联动作的驱动以及运动仿真动画的合成等技术。该研究对创建更为复杂的机械运动仿真动画具有指导意义。

关键词: 装配; 驱动约束; 运动仿真; 弹簧

中图分类号: TP211; TP31 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003 - 0794(2010)06 - 0208 - 03

Design Method on Assembly and Constrains Driving Motion Simulation Based on Inventor

WANG Xiao-ling

(School of Electrical and Mechanical Engineering, Wuhan Textile University, Wuhan 430073, China)

Abstract: Discusses using “constrains driving” module of Autodesk Inventor to realize motion simulation on the mechanism, elaborates key modelling techniques of the assembly and constrains driving components, studies how to design function expression to represent many connection movement actuation and motion simulation animation synthesis technology. This research provides a guidance to more complex mechanical movement simulation animation.

Key words: assembly; constrains driving; motion simulation; spring

0 引言

20 世纪 90 年代产生并得到迅速发展的虚拟制造技术是现代机械设计制造的代表。它是以虚拟现实和仿真技术为基础, 在计算机上实现产品从设计、加工、装配到操作运行等一系列过程的模拟。随着虚拟现实的多样性以及对运动真实感要求的不断提高, 使机械运动仿真的研究和其软件的开发越来越被重视。

* 国家自然科学基金资助项目(50775165)

Inventor 软件在装配模型中内置有“驱动约束”模块, 利用它可以将已设置好的装配约束关系用特定的函数功能加以动态过程描述以实现对零部件的运动模拟。利用装配约束主动变量与其他有关约束变量之间所建立起的函数关联关系, 可以同时实现多个动作驱动, 还可模拟实现变速控制、柔性、形变零件等较为复杂的机械运动。

在煤矿机械中常会用到凸轮、弹簧等零件, 如安全阀中利用弹簧的弹性来控制阀门的开启和关调的数字信号。本文设计采用 Timer_A 定时器的增计数方式, 输出采用模式 7(PWM 复位/置位模式)。利用寄存器 CCR0 控制 PWM 波形的周期, 本文设计为 62.5 μs, 用寄存器 CCR2 控制占空比。用 MSP430F2619 的 P1.2/TA1 口输出 PWM 波。

参考文献:

- [1] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- [2] 沈建华, 杨艳琴. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [3] 吕平宝, 谢剑英. 基于 80C196KC 的直流电机 PWM 调速器的设计与应用[J]. 测控技术, 2002(21): 30-32.
- [4] 张红娟, 李维. 基于 PIC 单片机的直流电机 PWM 调速系统[J]. 机电工程, 2005(22): 10-12.

作者简介: 董燕飞(1976-), 女, 江苏沛县, 系副主任, 讲师, 武汉大学, 2005 年, 电气工程, 现从事电机、电气控制教学科研工作, 电子信箱: dongyanzi@hncj.edu.cn.

$$u(k) = k_{pn} \left[e(k) + k_{in} \sum_{n=0}^k e(n) T_s \right] \quad (2)$$

$$u(k-1) = k_{pn} \left[e(k-1) + k_{in} \sum_{n=0}^{k-1} e(n) T_s \right] \quad (2)$$

式中 T_s ——调节器的采样周期。

式(2)减去式(3)得

$$\Delta u(k) = u(k) - u(k-1) = k_{pn} [e(k) - e(k-1)] + k_{in} k_{pn} T_s e(k) \quad (4)$$

整理得

$$u(k) = u(k-1) + k_{pn} (1 + T_s k_{in}) e(k) - k_{pn} e(k-1) \quad (5)$$

$u(k)$ 为 PI 调节器的第 k 次输出值, $u(k-1)$ 为 PI 调节器的第 $k-1$ 次输出值, $e(k)$ 为第 k 次采样时, 给定量和反馈量之间的差值; $e(k-1)$ 为第 $k-1$ 次采样时, 给定量和反馈量之间的差值。

4 软件设计

PWM 波信号是一种具有固定周期, 而占空比可

责任编辑: 于淑清 收稿日期: 2009-12-21