TMS320F2812 在电动伺服负载模拟器中的应用

丁桂林，　董　春，　杨　斌
（北京交通大学 电气工程学院，北京　100044）

摘　要：电动伺服系统在体积、成本和控制性能等方面比电液伺服系统更为优越。探索了电动伺服负载模拟器的实现问题，结合数字信号处理器（DSP）开发现状，设计了基于直流伺服系统的电动伺服负载模拟器。通过优化软、硬件结构，使该模拟器操作简便，具有二次开发能力，能够满足一大类高速高精度电动负载控制的要求。

关键词：电动负载模拟器；数字信号处理器；调理电路

中图分类号：TM571.6+5　**文献标识码**：A　**文章编号**：1673-6540(2009)11-0041-04

Application of TMS320F2812 in Electric Servo Load Simulator

DING Gui-lin,　*DONG Chun*,　*YANG Bin*
(School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: Compared with electro-hydraulic servo system, electric servo system has more advantages in volume, cost and control performance. The realization of electrical servo load simulator is explored in this paper. Combining with the current status of DSP chip development, an electric servo load simulator based on DC servo-system is designed in it. By optimizing the structure of hardware and software, the simulator is operated easily, has second development capability, and can meet the requirements of a broad category of high-speed and high-precision emulation of electric load.

Key words: electric servo load simulator; digital signal processing; conditioning circuit

0　引　言

在现代工业及国防中，各种复杂机械装置存在着大量负载，要对它们进行精确控制，并在线测试是不可行的。现在迫切需要能对实际应用中的机械负载进行模拟的系统。电动伺服负载模拟器是负载模拟的一个新的发展方向，其具有小信号跟踪能力强，加载分辨率高，特性稳定，适合试验研究等特点。随着控制理论的发展和加载对象的日趋复杂，有必要开发高速、高精度且体积小、成本低的电动伺服负载模拟器。TMS320F2812 指令执行速度可达 150 MIPS，其高速计算能力及丰富的内部集成模块，不仅简化了外围模块的设计，同时也简化了应用程序的编写。基于数字信号处理器（DSP）的电动伺服负载模拟器可脱离开发环境，整体性能优良。

1　电动伺服负载模拟器总体设计及控制流程

系统的结构主要由以 TMS320F2812 为核心的控制器、直流伺服电机、直流伺服电机驱动器、光电编码器、串口通信模块及信号调理电路等组成，如图 1 所示。

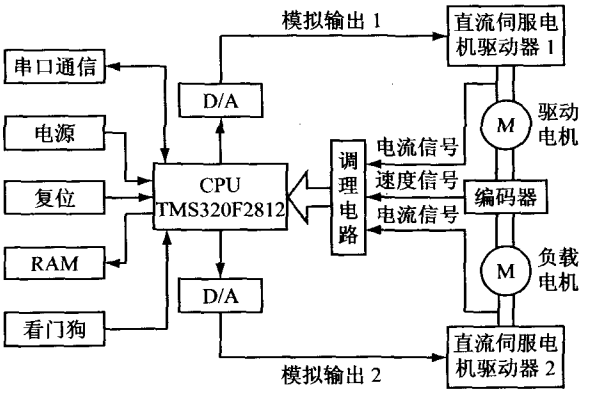

图 1　电动伺服负载模拟器总体结构

系统的控制流程如下:以 TMS320F2812 为核心的加载控制器在接收到起动信号时通过 D/A 对驱动器输出控制信号,驱动器起动负载电机,负载电机将电能转换成机械能,产生对驱动电机的加载转矩,控制器通过对加载转矩的控制实现对负载的模拟。控制器接收反馈的速度信号和电流信号,判别工作状态,对驱动电机和负载电机进行实时控制。DSP 通过 SCI 串行接口电路与上位机通信,下载试验曲线、接收命令及上传试验数据结果。

2 系统的硬件设计

2.1 电机和驱动器选择

该模拟器选用的电机是两套瑞士 Maxon 公司的永磁直流电机 RE26,标称功率 18 W,额定电压 24 V,空载转速 10 600 r/min,速度/转矩 47.5 rpm/mNm,空载电流 0.051 A,堵转电流 10.6 A,电机电阻 2.27 Ω。直流电机驱动器是 Maxon 公司 4-Q-DC 伺服放大器 LSC30/2,线性功放,对于永磁直流微电机,它具有很好的参数匹配功能;其有五种不同的工作模式:I_XR 补偿模式、自调整运行模式、编码器调节、直流测速机调节及电流调节运行模式。根据系统的要求,选用电流调节模式。驱动器输入电压范围为 -10 ~ +10 V,对应的输出电流为 -2 ~ +2 A。

2.2 DSP 最小系统的设计

(1) CPU。TMS320F2812 是德州仪器公司专门针对工业控制领域推出的低功耗、高性能 32 位定点 DSP,CPU 内部采用改进型哈佛结构,指令执行速度最高可达 150 MHz,片内资源丰富。TMS320F2812 特别适合于工业自动化、嵌入式系统、智能仪器仪表等需要高速数据处理的系统。

(2) 外部 RAM。控制器工作过程中需要对大量的加载波形数据及采集的转速数据进行处理。TMS320F2812 内部仅有 18 K 的 RAM,显然无法满足需求,因此在 TMS320F2812 的外围扩展了一片 256Kxl6 位的外部 SRAM。选用 CYPRESS 公司的 CY7C1041CV33。系统将 DSP 的 $\overline{\text{XZCS6AND7}}$引脚信号作为 RAM 芯片的片选信号,RAM 芯片的 18 位地址总线和 16 位数据总线分别接到 DSP 的 XA[0] ~ XA[17] 和 XD[0] ~ XD[15]。

(3) 系统复位引脚。复位电路包括上电复位和手动复位,手动复位采用 TI 公司的专用复位芯片 TPS3823-33。

(4) 时钟源模块。外部 30 M 有源晶振为 DSP 提供时基。时钟源模块采用内部锁相环(PLL)技术,对外部时钟频率进行 5 倍频,即可获得稳定的 150 MHz CPU 时钟,应该注意的是外部晶振的驱动电压是 1.8 V。

(5) 电源模块。TMS320F2812 供电方案采用了 TI 公司的双路输出低压差线性稳压器 TPS767D318,它能提供一路恒定的 3.3 V 电压和一路恒定的 1.8 V 电压。上电过程,首先是 TPS767D318 的第二路输出电压(3.3 V)上电,从而使得 N 沟道场效应管 BSS138 的栅极电压达到阈值电压(典型值为 1.2 V)后,BSS138 导通,TPS767D318 的第一路输出电压允许信号为低电平,允许 1.8 V 上电,这样就确保了 F2812 对上电时序的要求。

2.3 信号调理电路

DSP 能接收的信号范围是 0 ~ 3 V,从传感器返回的信号为不同类型、不同幅值范围的信号,因此需要对信号进行调理。同样 DSP 的输出信号也需要通过调理电路转换成其他元件能接收的信号。

(1) 模拟量输入调理电路。本电动负载模拟器需要电流传感器来获得电机的电流,计算电机转矩。反馈电流调理电路包含了信号跟随、滤波、信号调节等。KT5A/PX 为电流型电流传感器,其感应出的电流信号经过一个 200 Ω 的精密电阻后变成电压信号。两个 10 kΩ 的电阻组成分压电路来增大传感器的输出电流,提高信号的信噪比,增强系统的抗干扰能力。后一个 10 kΩ 电阻和电容组成阻容滤波电路。运算放大器的一路构成电压跟随器,另一路的功能是调节电压范围。信号经过二极管构成的限幅电路,最后送入 TMS320F2812 的 ADC 模块。调理结构见图 2。

(2) D/A 电路。D/A 负责向驱动器输出控制电压,如图 3 所示。DAC7802 为 12 位高速电流型 D/A 转换芯片,2 通道,并行结构。DAC7802 的数据线 DB0 ~ DB11 连接到 DSP 的 I/O 口,构成数据通道,右侧以精密运放为核心的模拟电路将DAC7802输出的电流信号转换为双极性的电

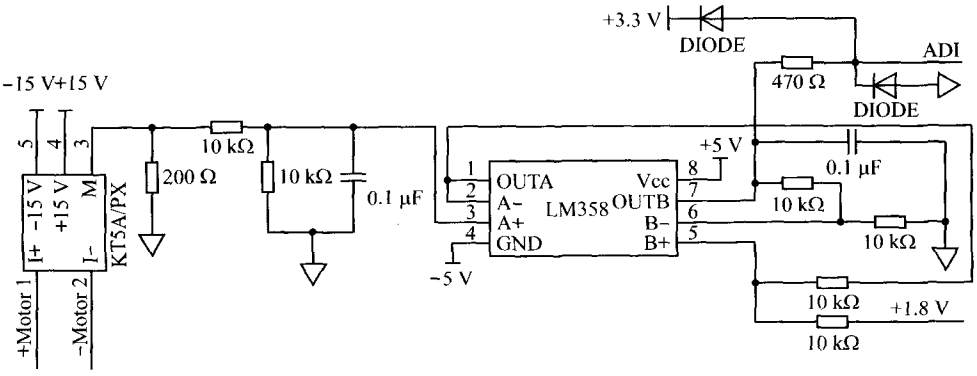

图 2　模拟量输入调理电路

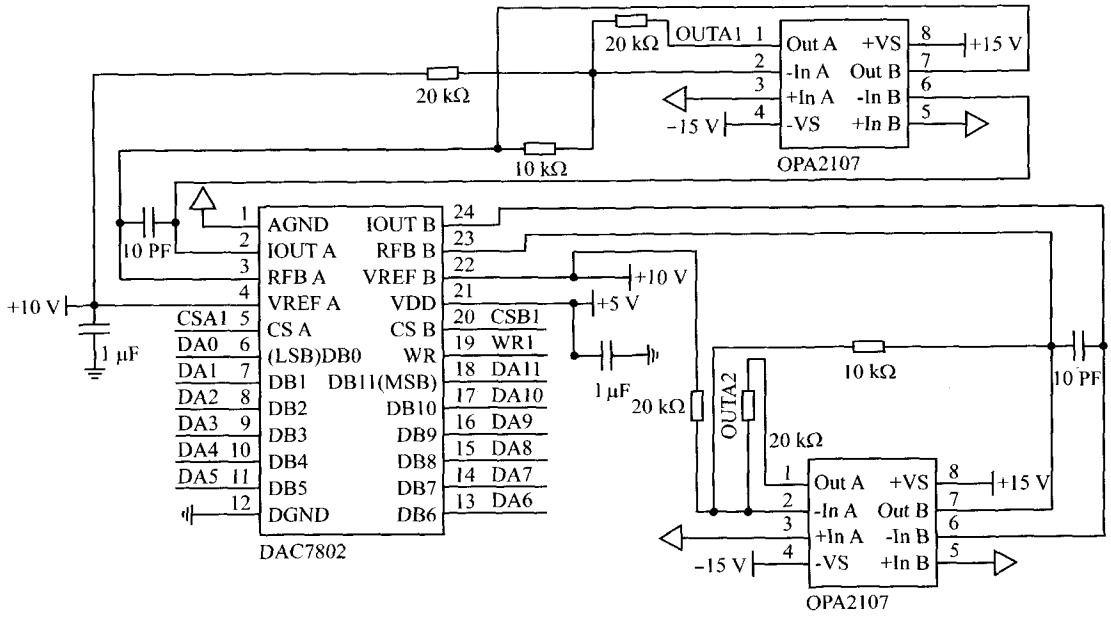

图 3　D/A 电路

压信号,范围为 -10 ~ +10 V。D/A 模块输入输出特性如表 1 所示,本文采用的参考电压(即表 1 中的 V_{REF})为 10 V。

表 1　D/A 输入输出特性

数据输入		模拟输出
最高位	最低位	
1111 1111 1111		$+V_{REF}(2\ 047/2\ 048)$
1000 0000 0001		$+V_{REF}(1/2\ 048)$
1000 0000 0000		0
0111 1111 1111		$-V_{REF}(1/2\ 048)$
0000 0000 0000		$-V_{REF}(2\ 048/2\ 048)$

(3) 位置与速度检测电路。系统采用光电编码器来测量电机的转速和位置。编码器输出的两通道差分信号经过四路差动线路接收器 AM26LS32 后,变成单端信号输出,其可靠性得到了提高。单信号输入到 DSP 事件管理模块的正交编码脉冲(QEP)电路,由 DSP 计算电机的转速和位置,结构如图 4 所示。

3　电动伺服负载模拟器的性能分析

模拟器的性能反映在对复杂控制算法的实现能力及运算速度、精度、线性度、抗干扰能力和二次开发能力等方面,各性能又与控制器硬件结构相关。该模拟器 CPU 内部时钟为 150 MHz,单指令执行周期为 6.67 ns,其高速运算能力完全能满足实时性的要求。采用了 12 位 D/A,对于 ±10 V 的模拟量,转换精度可达 $10/2^{12}=2.44$ mV,符合

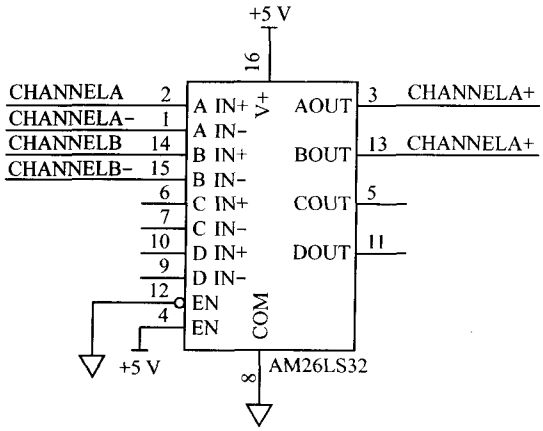

图4　位置与速度检测电路

电动伺服负载模拟器高精度要求。在调试过程中测试了驱动器的线性度,结果如表2所示,线性度很理想。在信号调理部分采用了精密运放,利用了其良好的线性度、零漂小、抗干扰好等特性。较之传统的工业计算机系统,该电动伺服负载模拟器从成本、体积和精度上都具有优势。

表2　驱动器输入(电压/V)输出(电流/A)特性

输　入	输　出
0.0	0.011
0.5	0.106
1.0	0.202
1.5	0.299
2.0	0.395
2.5	0.491
3.0	0.586
3.5	0.682
4.0	0.778
4.5	0.873
5.0	0.970

4　系统的抗干扰措施

电动负载模拟器中干扰信号通过“场”和“路”的方式传递到控制电路中。因此在设计时必须考虑抑制干扰。数字信号输入端与模拟信号输入端尽量远离;地线和电源线加粗;将数字地、模拟地分开。电机电源线和长距离传输线等强电传输线采用屏蔽线,输入到DSP的信号,用硬件电路滤波处理。PCB板设计时,元件布局、不同信号的走线尽量做到干扰最小。软件抗干扰主要采用指令冗余技术、RAM数据保护、输出端口数据刷新等技术,以减轻硬件抗干扰负担。在实际调试过程中,通过抗干扰措施,调试效果明显改善。

5　结　语

电动负载模拟器具有加载分辨率高、小信号跟踪能力强、系统特性稳定、体积小等特点。本设计把具有高速运算能力的TMS320F2812运用到电动负载模拟器中,通过对电动负载模拟器整体方案的性能分析,证明了该电动负载模拟器设计方案的可行性。

【参 考 文 献】

[1] Texas Instruments. TMS320C2812 Data Manual[G]. 2007.

[2] 李宗帅, 董春, 刘颜. 高速电机控制领域的PCI总线的数据采集卡设计[J]. 工业控制计算机, 2007, 20(8): 26-27.

[3] 刘渊, 焦宗夏, 王少萍. TMS320VC3在电动负载模拟器中的应用——电动负载模拟器控制器的设计[J]. 测控技术, 2007, 26(12): 78-81.

[4] 杨峰, 齐蓉, 蔡文举. DSP在电动伺服加载系统中的应用[J]. 航天控制, 2007, 25(2): 87-91.

收稿日期:2008-12-24

中文核心期刊　　中国学术期刊(光盘版)　　全国优秀科技期刊

中国科学引文数据库来源期刊　　中国学术期刊综合评价数据库来源期刊