

基于 DSP 的智能足球机器人的总体设计

张学习, 杨宜民, 李莹

(广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510090)

摘要:提出了一种基于 DSP 控制器的智能足球机器人的设计, 采用 DSP 芯片构造足球机器人后, 不仅简化了系统的外围设备, 降低了系统的损耗, 而且提高了系统的准确性和实时性, 获得了更好的控制效果。

关键词:智能足球机器人; 数字信号处理; 脉宽调制

中图分类号: TP242.6

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2003)02-0001-04

机器人足球比赛(MiroSot)系统主要包括四个子系统: 可视子系统, 通信子系统, 决策子系统, 机器人子系统。可视子系统获得球场上的足球和每个机器人的位置信息, 然后把它传送给决策子系统。决策子系统用人工智能技术分析场上局势, 然后产生速度控制命令。最后场上的足球机器人执行通过通信系统(即主机和机器人间的无线通信)传送过来的速度控制命令而按照一定的速率和方向运动。根据 MiroSot 规定, 用来比赛的足球机器人的大小是有限定的(7.5 cm × 7.5 cm × 7.5 cm), 所以选用哪类微控制器(MCU)很重要。目前一般采用的都是 80C51 或 80C196, 虽然这些微控制器有芯片价格低、容易使用等优点, 但是它们做 CPU 时, 外设较多, 系统稳定性不高, 同时需要较长的采样时间, 实时性不强。相对于 MCU, 数字信号处理(DSP)控制器采样时间短, 运行速度快, 外围芯片使用少, 功耗低, 性价比较高。这主要是因为 DSP 芯片结构拥有以下特点: 1) 哈佛结构; 2) 流水线操作; 3) 专用的硬件乘法器; 4) 特殊的 DSP 命令。

1 智能足球机器人的硬件设计

1.1 TMS320LF2407A 简介^[1]

TMS320LF2407A 是美国 TI 公司推出的 TMS320C24x 系列数字信号处理(DSP)控制器的最新产品, 是 TMS320C2000 平台下的一款定点 DSP 控制器。C24x DSP 控制器专为基于控制的应用而设计。C24x 将高性能的 DSP 内核和丰富的微控制器外设功能集于单片之中, 从而成为传统的多微处理器(MCU)和昂贵的多片外设的理想替代。对于 TMS320LF2407A, 片内外设的程度进一步提高, 使得数控马达和电机的控制达到了最优。同时, 它每秒可执行 40 万条指令, 几乎所有的指令都可以在 25ns 内完成, 使得诸如自适应、卡尔曼滤波和状态控制等先进的控制算法都能被采用。

TMS320LF2407A 芯片的主要特点如下:

544 words DARAM, 2K words SARAM, 32K words FLASH EEPROM, 16 路 PWM, 两路 QEP, 16 个 10 位 ADC 通道, 40 个 I/O 口, CAN 总线, 串行通信接口(SCI), 串行外设接口(SPI), 看门狗定

收稿日期: 2002-09-09

基金项目: 国家 863 计划项目(512-9935-08)(2001AA422270); 广东省重点科技攻关项目(2KM00502G)

作者简介: 张学习(1978-), 男, 在读研究生, 主要研究方向为智能机器人。

时器,芯片加密等.

1.2 智能足球机器人的总体机构

智能足球机器人有两个驱动轮,由作为硬件核心的 TMS320LF2407A 产生的四路 PWM 通过 L298 来控制.同时为了机器人上电时控制的准确性,L298 的使能端(ENABLEA, ENABLEB)与 TMS320LF2407A 的两个 I/O 端口相联.驱动轮由两个带有光电编码器的小型直流电机来驱动,在驱动轮和电机之间由齿轮连接.因为 TMS320LF2407A 本身带有两路 QEP 单元,所以无需外加电路就可以很方便的测出电机的转速和方向.

为了更好的控制效果,除了检测电机的转速,还不断检测电机的电枢电流.通过 MAX471 传送到 TMS320LF2407A 的 A/D 端口^[2].

另外,每一个机器人自身都要有一个直流电源,用来给两个电机和集成电路供电.

图 1 显示了足球机器人的基本结构.其中串行通信接口(SCI)与通信接收模块相连获得上位机发送过来的信息.

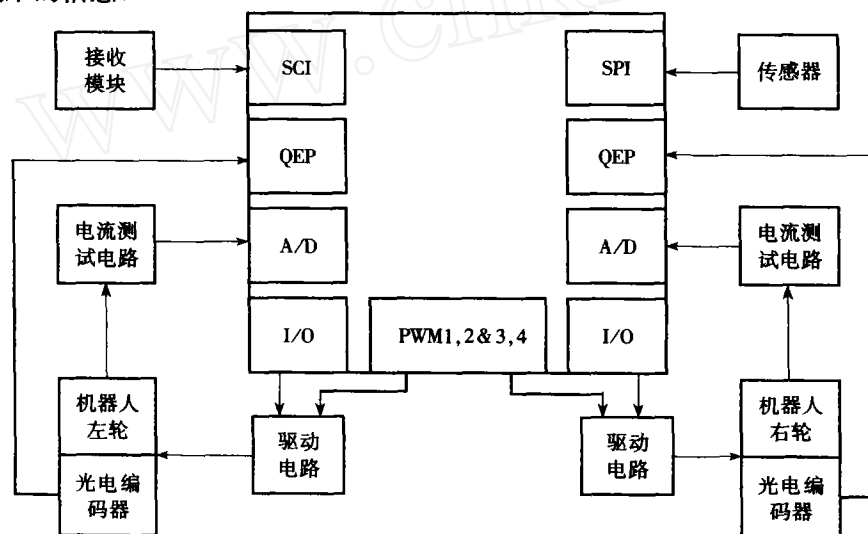


图 1 足球机器人的硬件结构

2 智能足球机器人的软件设计

2.1 智能足球机器人的左、右轮的控制

1) 直流电机的特性

对于机器人来说,关键的问题是如何控制左、右轮的转速.直流电机的电压公式为

$$U = Ri + L \frac{di}{dt} + e,$$

反电动势为

$$e = K_e \times N,$$

所以稳态速度方程为

$$N = \frac{U - Ri}{K_e},$$

其中 U 是电枢电压, R 是电枢电阻, L 是电机电感, N 是速度, K_e 是反电动势常量, e 是反电动势.

从上式可以看出,电机速度根据电枢电压的变化而变化,所以电机速度的控制相当于电枢电压的控制.而电压的控制由PWM完成.对于TMS320LF2407A,PWM的频率是40 kHz.

2)算法的实现

为了使电机获得更好的动态和静态特性,采用了电流环和速度环双重控制.控制算法采用了离散PID算法^[3].

连续PID控制器的理想PID算法为:

$$u(t) = K_p \times e(t) + K_i + K_d + u(0). \quad (1)$$

其中 $e(t)$ 表示偏差(反馈值与设定值之差), $u(t)$ 表示输出,由比例部分、积分部分和微分部分组成. $u(0)$ 表示初值.

当用差分反演法对式(1)进行离散化时,数字PID算法的形式可写为

$$u(k) = K_p [e(k) + (T/T_i) + (T_d/T)(e(k) - e(k-1))] + u(0). \quad (2)$$

式中 T 是采样周期, $T_i = K_p/K_i$ 是积分时间常数, $T_d = K_d/K_p$ 是微分时间常数. $e(k)$ 是第 k 个采样周期的偏差值, $u(k)$ 是第 k 个采样周期的输出值, $u(0)$ 是初值.图2显示了电机控制框图.

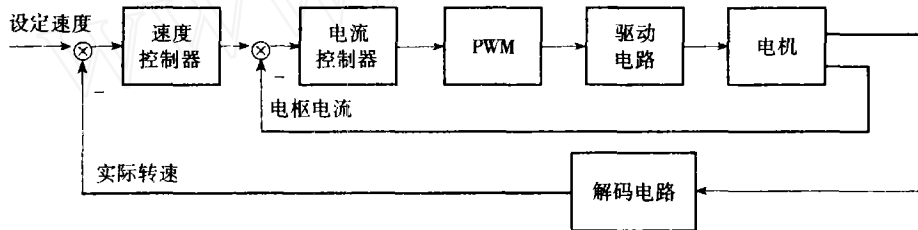


图2 电机控制框图

2.2 主机与机器人间的通信

根据MiroSot比赛规则,上位机和足球机器人间的通信是无线通信.在机器人足球系统中,发送装置是与主机相连的,而与它相对应的接收装置则在足球机器人内部的主板上.发送装置和接收装置之间通过两根天线实现无线通信.然后,接收装置把接收到的信息传送给TMS320LF2407A的SCI,实现上位机和机器人间的信息传送.

TMS320LF2407A的SCI是异步串行通信模块接口,SCI的接收和发送都是双缓冲的.同时一个标准的RS-232C通讯协议使用在TMS320LF2407A和主机间.

根据MiroSot规则,比赛双方各由三个“队员”——足球机器人组成.图3显示了主机和3个足球机器人间的通信格式.因为这三个足球机器人由同一个主机控制,而每一个机器人的运动又由左、右轮的运动方向和速度决定.所以由主机通过发送装置发送出来的每一帧数据由九个字节组成. $Z_i (i=1,2,3)$ 代表三机器人, $X_i (i=1,2,3)$ 的数值表示第 i 个机器人左轮速度, $Y_i (i=1,2,3)$ 的数值表示第 i 个机器人右轮速度.在表示速度的那个字节中,最高位 B_7 表示轮子运动的方向, $B_6 - B_0$ 表示轮子的速度.

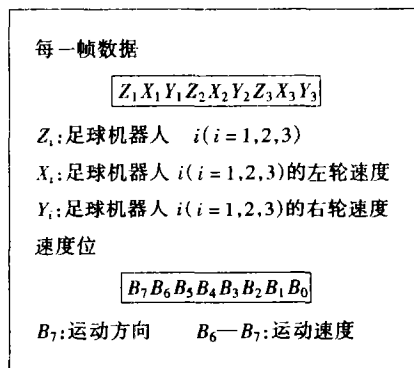


图3 足球机器人系统的通信协议

2.3 程序的编写

TMS320LF2407A 的开发语言可以是 C 语言^[4], 汇编语言或者它们的混合体. 相对来说, 汇编语言的效率更高, 调试也相对容易. 但是汇编语言的可移植性较差, 同时要求使用者对 DSP 芯片的结构、原理有较深的理解. 随着各个 DSP 芯片公司(尤其是 TI)推出的高级语言(主要是 C 语言)编译器, DSP 芯片的软件可以直接用高级语言编写而成, 使得 DSP 芯片的开发速度大大提高, 程序的修改和移植也变得十分方便. 本程序作者以汇编语言^[5]作为开发语言. 程序主要包括: 寄存器的初始化模块, 主程序模块, SCI 中断服务模块, 定时器中断服务模块^[6].

3 试验与结果分析

分别用普通单片机和 DSP 控制直流电机并做阶跃响应试验, 可得结果如表 1 所示. 从表中可见, 基于单片机的直流电机控制明显不如基于 DSP 的直流电机控制效果好.

表 1 阶跃响应下的普通单片机和 DSP 的技术指标对比

控制形式	试验主要技术指标			
	上升时间 t_r/s	峰值时间 t_p/s	调节时间 t_s/s	超调量 $\sigma/\%$
普通单片机	0.07	0.12	0.28	12
DSP	0.04	0.07	0.16	6

(1) 基于单片机的控制加速时间大于基于 DSP 的控制. 采用单片机控制时, 直流电机在 0.12 s 才达到最大值, 而采用 DSP 只需 0.07 s, 几乎是前者的一半.

(2) 采用 DSP 芯片的超调量明显小于采用单片机的超调量.

(3) 采用 DSP 芯片从暂态进入稳态的过渡时间为 0.16 s, 采用单片机时为 0.28 s.

(4) 采用 DSP 芯片控制稳态效果(抗干扰能力)优于采用单片机.

4 结论

通过上述分析可见, 采用 DSP 芯片构造足球机器人, 不仅简化了系统外围结构, 降低了系统损耗, 而且提高了系统响应的实时性和准确性, 为在此基础上施加多智能体协调算法奠定了坚实的基础.

参考文献:

- [1] 刘和平, 严利平, 张学锋, 等. TMS320LF240x DSP 结构、原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [2] Hu Guang, Chen Xin, Cao Wei-hua, et al. Design of vision-based robot using DSP[J]. Journal of Harbin Institute of Technology (New Series), 2001, (3): 241.
- [3] 李奇. 一种基于多步预测的神经网络智能 PID 控制算法[J]. 东南大学学报, 1997, 27 (5B): 86.
- [4] 张雄伟, 曹铁勇. DSP 芯片的原理与开发应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [5] 章云, 谢莉萍, 熊红艳. DSP 控制器及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

(下转第 25 页)

Modeling of the CAD System for Complicated Ceramic Sanitary Products Based on UGII

LI Cai-fang, XIAO Xiao-ting, SUN You-song, ZHANG Zheng-rong, LIAO Yi-juan
(Faculty of Material and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510643, China)

Abstract: Based on UG/OPEN API and developed under Visual C++, the CAD system is designed for rapid intelligent parameterized modeling of complicated ceramic sanitary products. UML and Rational Rose, as tools for object - oriented system analysis and modeling, are used to analyze the use case model, product classification and use case flows of the CAD system. According to the system analysis, the CAD system interfaces are designed with UStyler and MenuScript.

Key words: ceramic sanitary product; UG; VC; UML; Rational Rose; object - oriented analysis

~~~~~  
(上接第 4 页)

## Design of Intelligent Soccer Robot with DSP

ZHANG Xue-xi, YANG Yi-min, LI Ying

( Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China )

**Abstract :** Based on TMS30LF2407, a new design of intelligent soccer robot is presented. The DSP used features in fewer external components and lower system cost, and improves veracity and real time of DC motor. Better control effect is achieved.

**Key words:** intelligent soccer robot; DSP; PWM