

基于 MSP430 的足球机器人的运动控制系统设计

陈全福, 朱齐丹, 严勇杰

(哈尔滨工程大学 自动化学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:本文介绍了 ROBOCUP 中型组的足球机器人的控制系统设计,详细描述了以 MSP430F149 为主控芯片, LMD18200 为驱动芯片的底层运动控制模块的硬件结构和软件设计, 以及通过无线模块实现的远程通讯。

关键词:足球机器人; MSP430F149; LMD18200; 直流电机驱动

中图分类号: TP399 文献标识码: B 文章编号: 1003-7241(2006)01-0032-03

A Control System for Robocup Robot based on MSP430

CHEN Quan - fu, ZHU Qi - dan, YAN Yong - jie

(College of Automation, Harbin Engineering University, Harbin 150001 China)

Abstract:This paper presents the control system of a unedium - sized robot for Robocup. The hardware module based on MSP430F149 and LMD18200 is described in detail. The a wireless module is also introduced.

Key words:Robot soccer MSP430F149; LMD18200; DC motor driving

1 引言

Robocup 中型组足球机器人比赛是近几年国内外新兴一个组别,它要求多个机器人在完全自主的状态下完成控球,传球,配合,射门等动作,相当于一个分布式多智能体控制系统。其中需要解决的关键问题包括:图像采集以及信号处理;路径规划;无线通讯;控制决策;多传感器信息融合等技术。因此,中型组机器人足球比赛最具挑战性,也最能体现研究单位的科研实力。对智能足球机器人的研究成果可广泛用于军事,民用等众多领域^[6]。

2 足球机器人总体结构

机器人的控制系统如图 1 所示:

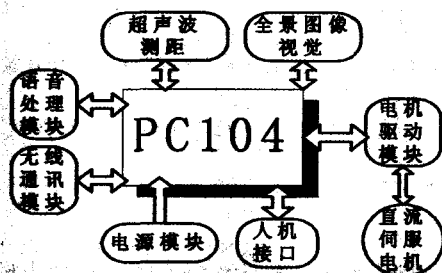


图 1 机器人控制系统功能框图

其主控单元为一款主频为 300MHZ 的基于 PC104 总线协议的 CPU 板。作为上位机它主要负责整个系统的控制决策,包括多传感器的信号融合,数字图像处理以及路径规划。超声波阵列配合全景视觉模块完成机器人的避障和路况识别功能。语音识别模块用于完成对特定人声的识别以及语音合成输出。无线通讯使用目前应用广泛的无线收发数传 MODEM 芯片 PRT2000 来实现。底层电机驱动模块主要负责执行来自上位机 PC104 的控制命令,同时将机器人的速度和位置信息,通过串口通讯反馈给 PC104,实现闭环控制。系统的电源由串联的两块 12AH 的蓄电池提供,经过一块单输入多输出的 DC - DC 电压转换模块为整个系统提供所需电压。本文将主要讨论底层运动控制模块的设计。

3 底层电机运动控制系统

3.1 MSP430F149 特点和硬件总体设计

MSP430 是一种新型的混合信号处理器,本系统采用 MSP430F149 单片机,它是超低功耗 flash 型 16 位 RISC 指令集单片机,具有强大的处理能力、丰富的片上外围模块和方便高效的开发方式^[1]。它具有:

- (1)片内有 1 个硬件乘法器。
- (2)2 个 16 位的定时器,且带有多个捕获/比较寄存器,定时

器可以设置成 PWM 输出方式。

(3)2个串行通讯接口,支持通用异步协议(UART 协议)和同步协议(SPI 协议)。

(4)一个 8 路 12 位精度、高效通用的 A/D 转换模块。

(5)有 48 个 I/O 引脚,每个 I/O 口分别对应输入、输出、功能

选择、中断等多个寄存器,使得功能口和通用 I/O 口可以复用,大大增强了端口功能和灵活性。

目前电机驱动模块的主控芯片普遍采用 TI 公司的 DSP 作为主控芯片,但其芯片本身及其仿真器价格偏高,不适合小规模开发。而我们使用的 MSP430F149 采用了 JTAG 技术、FLASH 在线编程技术,省去了仿真器,采用自制的仿真接口即可实现在线仿真调试,因此与 DSP 相比,同样是贴片封装 MSP430F149 的具有更高的性价比。下图是以 MSP430F149 为主控单元的底层电机驱动模块结构图。

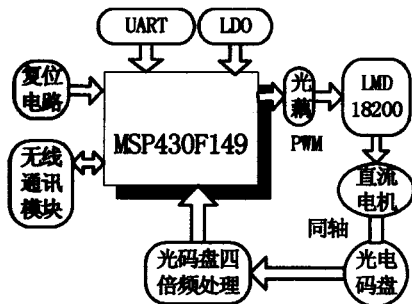


图 2 底层运动控制模块结构图

本系统采用 MSP430F149 作为主控芯片,其产生的 2 路 PWM 信号通过光耦 TIL113 输出到集成 H 桥芯片 LMD18200 驱动电机,与电机的同轴的光电码盘信号通过四倍频电路输入单片机的 I/O 口,单片机利用其 I/O 口的中断捕获功能对光电码盘信号进行正反相计数,并将其作为反馈信号,用软件实现电机速度和位置的 PID 控制^[2]。

3.2 电机驱动模块设计

3.2.1 LMD18200 特点^[3]

LMD18200 是美国国家半导体公司生产的、用于电机驱动功率集成芯片。它将 4 个 DMOS 管构成的 H 桥及其控制逻辑电路均包含在 1 个 11 脚的 T-220 封装中,其额定电流 3A,峰值电流为 6A;内含防桥臂单侧直通电路;芯片过热报警输出和自动关断。图 3 为其典型应用。

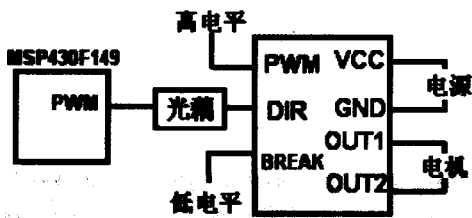


图 3 LMD18200 典型应用

LMD18200 可采用两种不同类型的 PWM 信号:①PWM 信号中既包含方向信息又包含幅值信息,50%占空比的 PWM 信号代表零电压。使用时,该信号应加于方向输入端(DIR),同时将 PWM 信号输入端置逻辑高电平。②分别由方向信号与幅值信号组成。幅值由 PWM 信号的占空比决定,零脉冲时代表零电压。在实际使用时,DIR 接 PWM 信号,PWM 逻辑高电平 BREAK 接逻辑低电平^[4]。

3.2.2 光电码盘的信号处理

提高反馈信号的精度,我们对光电码盘的信号进行信号处理,除了具有四倍频信号还具有鉴向功能。其电路图如图所示

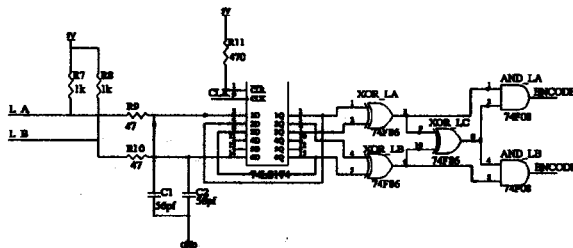


图 4 四倍频及鉴相电路

其逻辑表达式为:

$$X_{out} = (Q_1^{n+1} \oplus Q_3^{n+1}) g[(Q_1^{n+1} \oplus Q_3^{n+1}) \oplus (Q_2^{n+1} \oplus Q_6^{n+1})]$$

$$Y_{out} = (Q_2^{n+1} \oplus Q_6^{n+1}) g[(Q_1^{n+1} \oplus Q_3^{n+1}) \oplus (Q_2^{n+1} \oplus Q_6^{n+1})]$$

$$Q_1^{n+1} = A \quad Q_6^{n+1} = B$$

$$Q_2^{n+1} = Q_1 \quad Q_3^{n+1} = Q_6$$

其中, $X_{out} Y_{out}$ 为输出信号, A, B 为光电码盘输入信号。其时序图如图 5 所示:

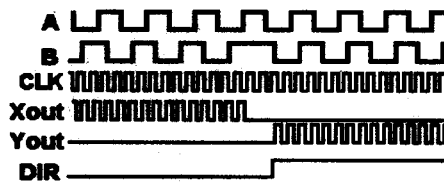


图 5 四倍频及鉴向电路时序图

3.3 系统供电

MSP430 系列单片机工作电压为 3.3V,因此我们选择了 AME1117-3.3 这款 LDO(低压降线性调节器)为其单独供电(图 5)。其它由外部蓄电池经电源模块提供。为了监控蓄电池的状态,我们还设计了电源模块中包含具有欠压报警功能的电池监控模块,防止蓄电池过度放电,影响其寿命。

3.4 底层驱动软件设计

本系统的控制软件共包括初始化主程序,串口通讯子程序, PID 算法子程序和光电码盘信号捕获中断子程序等四个部分组成。如图 6 所示:

本系统所采用 PID 算法为防止饱和和积分得变速积分 PID 算法,在很多资料中均有详细介绍,本文不再赘述。

(下转第 37 页)

用变形 PID 算法控制时,系统其它参数与直接 PID 和串级 PID 对应的参数相同,只是变形 PID 多一个分段参数 α 的选择,对于 α ,通过试验得经验公式:

$$\alpha = \begin{cases} 0.3 & \Delta T_0 < 3.69 \\ 0.0474\Delta T_0 + 0.125 & 3.69 \leq \Delta T_0 < 12.13 \\ 0.7 & \Delta T_0 \geq 12.13 \end{cases} \quad (14)$$

式中: ΔT_0 为控温开始时气缸目标值和经过值之差。 $e(k)$ 为气缸目标温度和实际温度的温差。

变形 PID 算法控制效果如图 10 所示, $t_r = 800 \sim 900$ S, $t_s = 2100 \sim 2500$ S $\approx T/2$, $E_s < 0.2$ °C。系统具有很好的动特性、稳定性能和鲁棒性,完全达到系统设计的要求。但是受加热器功率限制,系统达到控制精度一般需要 1/2 系统惯性时间。

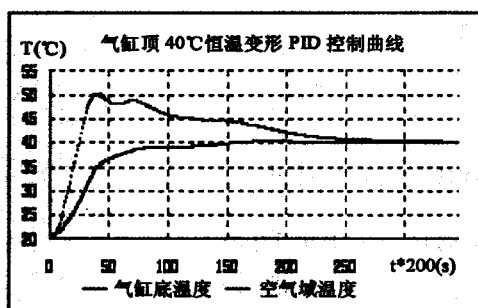


图 10 变形 PID 控制

4 结论

本温控系统自 2005 年 2 月应用于北京某大学化工学院 PVT 仪器以来,目前已经正常运行大半年,满足实验室测控高精度、高稳定性和可靠性的要求,在对石油工艺分析上发挥着重要作用。可见利用时域测定法对 PVT 这类 MIMO 系统进行建模并简化,依据简化模型采用变形 PID 算法进行控制,系统动特性和鲁棒性好,稳态误差小。达到系统设计的要求为:

- (1) 分辨率 0.1 °C, 系统精度为 ± 0.5 °C;
- (2) 控制精度要求 ± 0.2 °C;
- (3) 温控范围为环境温度 ~ 200 °C;
- (4) 系统稳定时间在 1/2 个系统惯性时间内;

5 参考文献:

- [1] 胡寿松,等. 自动控制原理[M]. 北京:科学出版社,2003,8.
- [2] 陶永华,等. 新型 PID 控制及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,1998,9.
- [3] 曹承志. 微型机控制新技术[M]. 北京:机械工业出版社,2001,6.

作者简介:何杰(1978-),男,中国航天科工集团 3 院 33 所助理工程师,研究方向计算机测控及电子电路。

(上接第 33 页)

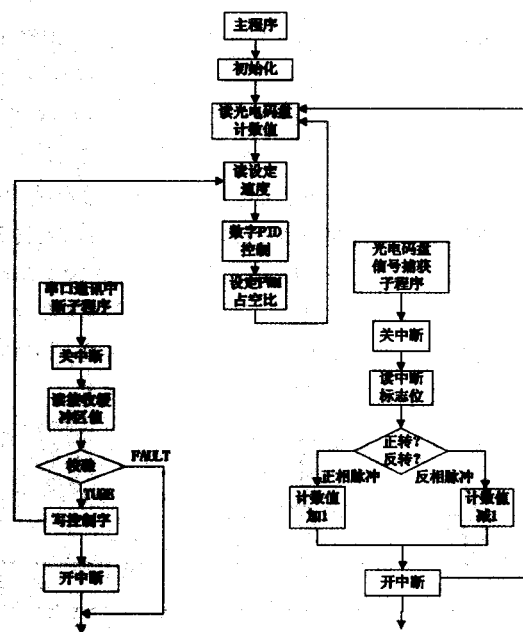


图 6 底层驱动系统软件流程图

MSP430F149 有两个硬件 UART,通过对控制寄存器 UXCTL 和波特率寄存器 UXBR0(或 UXBR1)设置串口。其接收和发送分别具有独立的中断向量,数据的发送和接收可以在不同的中断程序中执行^[5]。本系统定义的串口通信协议为:

起始位	前进	后退	左转	右转	左轮速度	右轮速度	停止位
-----	----	----	----	----	------	------	-----

表 1 串口通讯协议定义

表中左右轮速度为两位二进制数所表示的低速,中速,中高速,高速四种速度等级。

4 结论

实验证明,将 MSP430F149 单片机作为主控制器, LMD18200 为驱动芯片设计出来的 ROBOCUP 中型组机器人的底层运动控制系统的速度和位置控制精度,以及左右轮的同步性等指标均达到设计要求。与以 DSP 为主控芯片的控制系统相比,减低了设计成本。

5 参考文献:

- [1] 胡大可. MSP430 系列超低功耗单片机原理和应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [2] CHRIS NAGY. Embedded System Design Using TI MSP430 Series [Z]. Texas Instruments Incorporated, 2003.
- [3] 王晓明. 电动机的单片机控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [4] BRIAN MERRITT. PWM DC Motor Control Using Timer A of the MSP430[M]. Texas Instruments Incorporated, 2003.
- [5] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术和系统设计实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [6] 毛春利,等. 基于 USB 的通用机器人控制器[J]. 自动化技术与应用,2005,24(1):43-46.

作者简介:陈全福(1981-),男,江苏连云港人,硕士研究生,研究方向为智能机器人控制系统。