双足竞步机器人的设计与实现

Design and Realization of Bipedal Race Walking Robot

李芳芳 魏建升 付蓉

Fangfang Li Jiansheng Wei Rong Fu

兰州工业学院 电气工程学院
中国·甘肃 兰州 730050
Institute of Electrical Engineering,
Lanzhou Industrial College,
Lanzhou, Gansu, 730050, China

【摘要】 论文设计 1 台采用增量式 PID 控制的 6 自由度结构的能够自主运行的双足竞步机器人,以 SMT32F103RBT6 作为主控制器实现机器人控制和上位机通信,研究和设计相应的步态规划和控制方法,制作实际样机并进行整体调试,最终实现双足竞步机器人稳定向前行走、立正、前滚翻、后滚翻等动作目标。

【Abstract】 This paper design a by incremental PID control can independently run of six degrees of freedom structure of biped walking robot, with SMT32F103RBT6 as the main controller to realize the robot control and PC communication, research and design the corresponding gait planning and control methods, and carry on the overall debugging, making the actual prototype finally achieved stable biped walking robot walking forward, such as attention, forward roll, roll after target.

【关键词】 双足机器人;步态规划;PID 控制

【Keywords】 biped robot; gait planning; PID control

【DOI】 10.36012/etr.v1i3.436

1 引言

双足机器人作为人类仿人机器人研究的基础,一直得到国内外学者的广泛关注。研究双足机器人技术的前提是对机器人设计出平稳快速的行走姿态,并按要求切换姿态^[1]。本设计根据竞赛要求设计了 1 台能够自主运行的仿人双足竞步机器人。

2 系统总体方案设计

总体设计方案主要有主控板电路、USB 串口驱动、独立按键、LED 指示灯、蜂鸣器及 6 路舵机模块组成,如图 1 所示。

图 1 系统总体框

3 控制系统硬件设计

3.1 主控板模块

系统选用 STM32F103RBT6 芯片作为机器人的主控芯片,再辅以相应的按键、USB 串口、指示灯和蜂鸣器电路,具体电路分别如图 2 至图 5 所示。

图 2 独立按键原理图

图 3 USB 驱动原理图

图4 指示灯电路原理图

图5 蜂鸣器电路原理图

3.2 舵机模块

舵机是一种位置伺服控制器，通过调节脉冲信号来控制舵机中的电机旋转，从而使机器人关节按设计的角度进行转动，做出各种所需的动作^[2]。根据双足机器人的关节特性，选择 LDX-218 与 LDX-227 数字舵机作为机器人腿部关节的驱动元件。

3.3 辅助电源设计

辅助电源的作用是给舵机和单片机提供稳定的直流电压。驱动舵机需要+3.3~+3.6V 的稳定工作电压^[3]，而单片机需要+3.3~+5V 的稳定工作电压，因此，需要自制电源。首先通过降压、整流、滤波后，得到+5V 的工作电压，再利用 ASM1117 得到+3.3V 的稳定电压。

4 系统软件设计

4.1 双足机器人舵机控制策略的设计

本设计采用增量式 PID 控制算法。以一系列的采样时刻点 KT 代表连续时间 t ，以矩形法数值积分近似代替积分，以一阶后向差分近似代替微分，可得到 k 采样时刻的离散 PID 表达式：

$$u(k) = K_p \left(e(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^k e(j) + \frac{T_d(e(k) - e(k-1))}{T} \right) \quad (1)$$

整理得：

$$u(k) = K_p \times e(k) + K_i T \sum_{j=0}^k e(j) + K_d \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \quad (2)$$

式中， $K_i = K_p/T_i$ ， $K_d = K_p T_d$ ， T 为采样周期， k 为采样序号（ $k=1, 2, \dots$ ， $e(k-1)$ ）和第 k 时刻所得到的系统偏差信号。

根据式(2)应用递推原理，可以得到 $k-1$ 个采样时刻的输出值如式(3)：

$$u(k-1) = K_p e(k-1) + K_i T \sum_{j=0}^{k-1} e(j) + K_d \frac{e(k-1) - e(k-2)}{T} \quad (3)$$

将式(2)与(3)相减，经整理后可以得到增量式 PID 控制算法公式：

$$\Delta u(k) = u(k) - u(k-1) \quad (4)$$

$$\Delta u(k) = K_p(e(k) - e(k-1)) + K_i T e(k) + \frac{K_d(e(k) - 2e(k-1) + e(k-2))}{T} \quad (5)$$

式中， $K_i = K_p/T_i$ ， $K_d = K_p T_d$ ， T 为采样周期， k 为采样序号， $k=1, 2, \dots$ ， $e(k-2)$ 、 $e(k-1)$ 以及 $e(k)$ 分别为第 $(k-2)$ 、第 $(k-1)$ 和第 k 时刻所得到的系统偏差信号。

4.2 主程序的设计

主程序根据所需完成的动作对各个功能模块进行调用。

5 控制系统调试

双足机器人中位调节完成后开始机器人动作的编写，通过上位机软件和下位机主控板通讯，在上位机编写动作然后串口发送至下位机执行动作。

通过上位机软件设计每个动作的步态参数。①行走步态。通过上位机调整每个舵机的参数，结合机器人动作的实际情况逐步优化数据，使其步态达到行走的最佳状态。②翻滚步态。通过上位机调整每个舵机的参数，结合机器人动作的实际情况逐步优化数据，使其步态达到翻滚的最佳状态。

6 结论

在整个设计过程中，通过对机器人机械结构的设计和软件的调试，完成了机器人的规定动作，在此过程中也发现了不少问题，如调试过程中会发生舵机抖动的问题，要及时检查以确定是软件问题还是硬件问题。由于机器人重心集中在上体，上体的姿态控制直接影响着机器人的稳定性。因此，需要在机器人上体安装陀螺仪，提高上体姿态的控制精度，在现有设计的基础上，进一步地研究和改进。

参考文献

- [1]孙增圻. RoboCup 世界杯与中国机器人大赛[J]. 机器人技术与应用, 2010(4): 5-10.
- [2]胡发焕, 刘祥时, 朱花. 以机器人大赛为契机探索大学生创新能力培养模式[J]. 中国电力教育, 2013(28): 53-54.
- [3]林志远, 王忠策. 机器人舵机控制器设计[J]. 产业与科技论坛, 2014(11): 52-53.