

# 基于 DSP 的视频测速系统\*

王 珊 王 利 刘 琪

(中北大学机电工程学院 太原 030051)

**摘 要:**针对现有测速系统成本高且测速方法不能直接用于球类速度测量的问题,设计了基于 TMS320C6748 的嵌入式测速系统,包含图像的采集、数据处理和数字显示等电路部分。视频传感器记录球场内球体的运动,经过视频解码芯片把模拟输入转换为数字图像输出并传入 DSP,对目标球体的圆心和半径检测后经过计算,最后小球的速度通过数码管输出。此系统具有成本低、安装简单、适应场合广泛等特点。实验结果表明,此系统可在有限的精度范围内获知球类的实际运动速度,测速误差控制在 8.3% 以内。

**关键词:**TMS320C6748;速度测量;图像处理

**中图分类号:** TN915    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 520.604

## Speed measurement system based on DSP and video

Wang Shan Wang Li Liu Qi

(School of Mechanical Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** Aiming at the problem that the existing speed measurements system are expensive and the velocity measurement method can not be directly used for the ball speed measurement, an embedded speed measurement system based on TMS320C6748 is designed, which includes image acquisition, data processing and digital display. The video sensor records the movement of the ball in the course, the video decoder chip converts the analog input to the digital image output and passes it to the DSP, the center and radius of the target sphere are calculated and the speed of the ball is outputted through the digital tube. This system has the characteristics of low cost, simple installation and wide adaptability. The experimental result shows that the system can obtain the actual velocity of the ball in a limited accuracy range, and the velocity error is less than 8.3%.

**Keywords:** TMS320C6748; speed measurement; image processing

### 0 引 言

随着物质生活水平的提高,人们越来越重视体育锻炼,尤其是球类运动深受广大青少年群众的喜爱。同时球类比赛也是国际赛事的重要比赛项目,而速度又是球类比赛取胜的重要因素。因此,为了更好的分析研究球类运动,提高球类技术,可以利用测速系统对球的运动速度进行分析。

从国内外研究来看,常用的测速技术有以下 3 种<sup>[1-5]</sup>。

1) 激光测速。这种测速精度高,能在很远的距离范围内完成较小运动目标的测速,抗干扰能力强,但是成本较高,工作稳定性较差;

2) 鹰眼系统。鹰眼是近几年来应用在球类运动中的一套精度很高的系统,它既可以追踪并显示球类运动的实际路径,也可以预测球未来的路径,鹰眼的工作速度快,准确度高,但是价格非常昂贵;

3) 手持式雷达测速装置。由于受操作人员的经验和反应速度限制,较难保证每次检测的精确性和完整性。

综上所述,国内外在高速运行的物体有很多研究,对交通中的测速测量也是越来越普遍,但是对于适合高速运行物体的测速方法并不能直接运用到球类速度的测量上来,本设计通过摄像头和图像处理模块即可实现球类的运动速度,具有各类球速测定方法所没有的优点,作为一种新型的测速方式可以用于体育赛事也可用于体育爱好者

收稿日期:2016-12

\* 基金项目:中北大学研究生科技立项基金项目(20151204)资助

日常运动锻炼。

## 1 系统方案设计

视频测速系统由图像采集模块、数字图像处理、测速结果输出3部分组成。图像采集由安装在球场上方的摄像头实时记录场内的情况,采集到的视频图像经过视频图像解码芯片把模拟量转换为数字图像并输入DSP内;数字图像处理<sup>[6-8]</sup>,是指对视频中的目标球体进行灰度处理、滤波去噪、目标识别实现对球心和半径的检测,最后通过运算得到小球的飞行速度,数字图像处理是本系统的核心;测试结果输出,把计算结果通过DSP在终端输出。系统框图如图1所示。

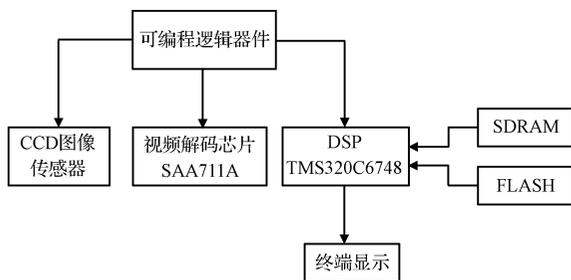


图1 系统框图

## 2 硬件电路设计

### 2.1 图像采集模块

图像采集模块由 CCD 图像传感器、视频解码芯片、FIFO 存储器以及可编程逻辑器件 CPLD 组成。本系统采用的视频解码芯片为 Philips 公司生产的 SAA7111A, 可以将采集到的模拟图像信号转为数字图像信号。该芯片含有 AD 转换和解码功能, 能够通过 IIC 总线与外部器件连接。SAA7111A 是系统的外设器件, 其时钟频率相对 DSP 来说较慢, 为节省 DSP 花在等待查找的时间, 可将 SAA7111A 传来的数据流入 FIFO 存储器中, 当 FIFO 溢出时发出中断请求, DSP 开始进行图像处理。

采用的 DSP 芯片 C6748 主频为 456 MHz, 相比之下外围电路的频率很低(不到 20 MHz), 为了能使整体的时序匹配, 采用可编程控制器件 CPLD 来进行时序的匹配工作。又由于 DSP 对逻辑控制能力较弱, 因此在本系统中选择 CPLD 来进行逻辑的控制, 主要包括 FIFO 的初始化和读取操作。

### 2.2 图像处理模块

图像处理模块的主要器件是 DSP 芯片, 由于图像处理需要完成的运算量很大, 且对数据运算的速度要求很高, 所以本系统所使用的 DSP 芯片是 TI 公司生产的 TMS320C6748, 是目前功耗最低的浮点型数字信号处理器, 其主频为 456 MHz, 在此频率下, 运算能力可达 3648/2746 MIPS/MFLOPS。该芯片拥有丰富的外围设备及可扩展接口, 含有 IIC 总线接口, 可与视频解码芯片

SAA7111 进行通信与数据传输; 含有 EMIF 总线接口, 支持 8/16 位宽的所有类型的存储器, 可用来扩展 FLASH 和 SDRAM。FLASH 闪存具有存储量大, 掉电不丢失的特性, 是一种电可擦除与再编程的快速存储器, 因为视频图像处理的算法复杂、运算量很大, DSP 自身的存储器不能满足需求, 故采用这一外部程序存储器。SDRAM 是同步动态随机存储器, 此处的同步指的是其工作速度与系统总线速度是一致的。因为在测速系统的图像运算量很大, 且 DSP 的运行速度也很高, 而 SDRAM 的快速访问周期与 DSP 的周期相适应, 故把程序和中间数据存放在 DSP 的扩展 SDRAM 中以获得较好的实时处理特性。本系统采用的 SDRAM 为 MT48LC4M16A2, 数据宽度为 16 位, 总容量为 64 Mbit, 分为 4 个存储体, 每个容量为 16 MB。

## 3 软件设计

系统上电后先进行初始化, DSP 将位于 FLASH 存储器的程序导入内部程序存储器, 并开始执行内容。对视频解码芯片的工作模式进行设置, 当发送开始采样指令后, 可编程逻辑控制器对 SAA711A 的状态进行判断, 若满足条件, 打开数据缓冲器, 将采集并进行模数转换后的数字信号写入 SDRAM, 当一帧图像的写操作结束后 CPLD 发出中断指令通知 DSP 进行数据读取, DSP 执行中断服务程序从 SDRAM 中读取一帧图像并进行相应的算法处理。系统工作流程如图 2 所示。

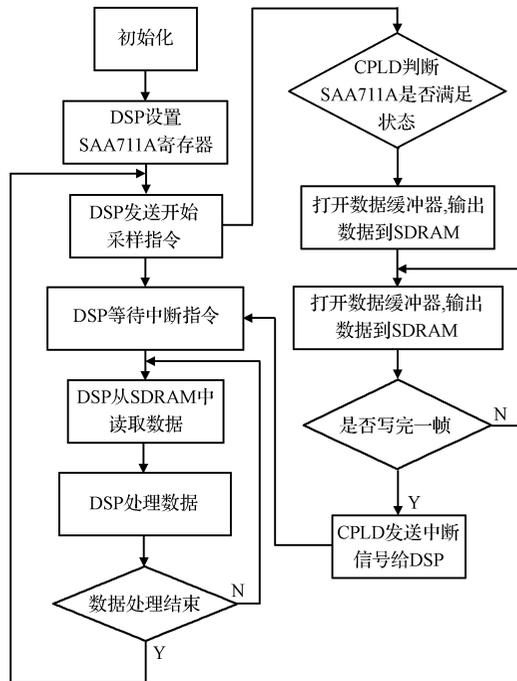


图2 系统软件流程

图像处理的质量会受到各方面的影响, 如背景噪声、背景稳定性、小球运动速度的快慢等。其中关键技术是图像的灰度处理、滤波去噪、霍夫变换。

### 3.1 图像的灰度处理

在进行图像处理前需要将彩色图像转化为只具有黑白色的图像,减小其容量大小,存储更多视频信息。进行灰度变换可增加图像的对比度,得到更为清晰的图片。灰度处理的第一步是读取彩色图像的亮度值,即 RGB 的值,使用灰度变换公式将彩色图像转为灰度图像(令  $r=g=b=gray$ )<sup>[9]</sup>。

$$\text{intgray} = r \times 0.3 + g \times 0.59 + b \times 0.11 \quad (1)$$

然后进行比例变换,给图像的亮度或灰度乘以一大于 1 的系数,以达到增强图像对比度的目的。在变换过程中要注意灰度值范围为 0~255。

### 3.2 滤波去噪

由于图像在其传输、存储过程中会受到干扰噪声的影响,需要在进行其他工作前先对其进行滤波去噪,从而提高其清晰度,增强画面质量。

### 3.3 目标识别

目标识别是通过将图像的灰度值设为 0 或 255,即把图像变为纯粹的黑白色。二值化处理的关键在于阈值的选择<sup>[10]</sup>。选定合适的阈值后,将图像每个像素点的灰度值与阈值进行比较,若大于阈值,则取为前景色(白色),若小于阈值,则取为背景色(黑色)。经过二值化处理后可以得出哪些像素点属于目标物,连接这些像素点就可以还原得到目标物的轮廓。

对运动球体的检测利用的是背景建模的方式,通过对当前帧图像的像素值与背景模型的像素值进行比较,分析得到运动目标。所设定的阈值需要通过二分法计算得到合适的取值。

目标检测流程如图 3 所示。

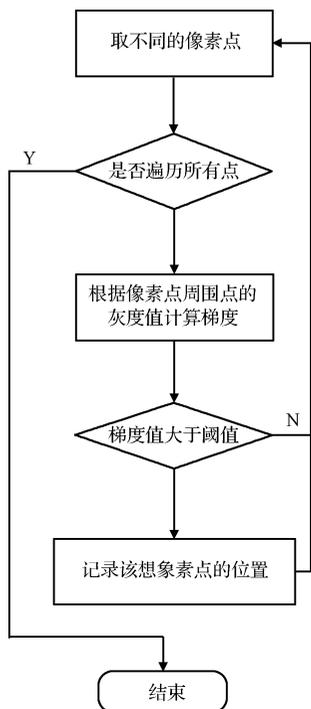


图 3 目标检测流程

霍夫变换是指从图像中分离出具有某种相同特征的几何形状,如直线、圆、椭圆等。霍夫变换检测圆是通过极坐标的旋转得到的,极坐标方程为:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + r \cos \theta \\ y &= y_0 + r \sin \theta \end{aligned} \quad (2)$$

对于任意圆,若已知中心像素点即圆心 $(x_0, y_0)$ 和半径  $r$ ,可通过旋转由极坐标方程得到圆上任意点的坐标。反之,可通过极坐标方程旋转得到圆心坐标,圆心处的坐标值最强。

霍夫变换检测到圆心后,可以得到每个时刻球的圆心坐标。以下为经过霍夫变换寻找目标的结果输出至 PC 机上的效果,如图 4 所示。

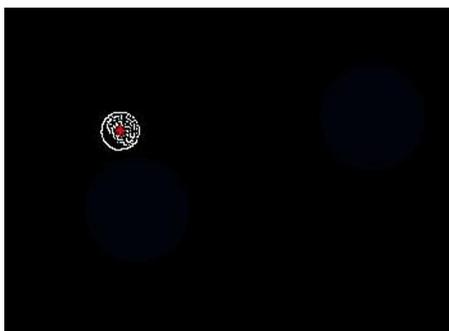


图 4 网球圆心图

得到两帧图像中小球的圆心坐标 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ ,通过  $v = \Delta d / \Delta t$  可以计算得到视频中小球的运算速度  $v$ 。

$$v_1 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{\Delta t} \quad (3)$$

其中  $\Delta t$  为帧间时间差。

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{r}{R} = k \quad (4)$$

其中  $r$  为图像中圆的半径,  $R$  为网球实际半径,  $v_2$  为网球的实际运动速度。网球的最终运动速度为:

$$v_2 = \frac{R}{r} \cdot \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{\Delta t} \quad (5)$$

将系统测量速度与实际运动速度进行比较,如表 1 所示。

表 1 各运动速度下的测量值

实验次数	系统测量速度/ (m/s)	实际运动速度/ (m/s)	相对误差/ (%)
1	2.417 8	2.245 0	7.697
2	6.678 7	6.168	8.28
3	11.289 2	11.863 6	4.842
4	15.375 4	14.878 3	3.34
5	19.842 8	18.964 8	4.40
6	24.187 4	25.384 6	4.34
7	29.745 3	31.585 9	5.83
8	36.538 7	33.846 3	7.955
9	41.573 4	39.397 5	5.523
10	45.857 3	49.683 2	5.688
11	50.396 4	54.739 4	7.934
12	55.683 6	60.538 7	8.020

## 4 实验结果

在此实验中,以网球为例,其直径为 6.6 cm,将图像传感器得到的视频经 DSP 进行图像处理与计算后得到网球的运动速度。由实验可得,此系统可达到的测量速度为 55 m/s,在此范围内,速度的测量误差可控制在 8.3% 内。当速度在 10~30 m/s 时,系统可较准确实现速度的测量。结果表明,此系统可较好的实现速度测量的可靠性,可测量的球体直径范围为 4~25 cm。

## 5 结论

针对球类运动设计了一种视频测速的方法,以 TI 公司生产的 TMS320C6748 处理器为主要硬件,借助视频传感器与射频解码芯片实现了视频的采集,模数转换的功能。通过验证,系统具有结构简单、灵活性好等优点,对于一定速度范围内的球体速度运算有较好的准确性与可靠性,可以为体育赛事中进行速度实时监测提供一定帮助,为实际应用提供一定的价值。

### 参考文献

- [1] 牛洪涛,王连泽,沈熊.激光多普勒测速仪产品研发与应用[J].实验技术与管理,2015,2(3):101-105.
- [2] 骆峰.基于 DSP 的视频测速系统研究[D].武汉:武汉

理工大学,2006.

- [3] 银志军,刘强.基于多 DSP 与 FPGA 的实时图像处理系统设计[J].光电技术应用,2012,27(1):76-80.
- [4] 彭宇,姜红兰,杨智明,等.基于 DSP 和 FPGA 的通用数字信号处理系统设计[J].国外电子测量技术,2013,3(1):17-21.
- [5] 韩军,景彩云,吴玲玲,等.基于 DSP 的图像处理在转角测试中的应用[J].现代电子技术,2013,32(8):93-96.
- [6] 蒋峰,孙志毅,何秋生.基于 DSP 的视频图像采集处理系统的设计[J].工业控制计算机,2012,25(5):28-29.
- [7] 刘岩俊.基于 DSP 的嵌入式温度测量系统设计与实现[J].国外电子测量技术,2014,33(1):78-81.
- [8] 姜柏军,钟明霞.改进的直方图均衡化算法在图像增强中的应用[J].激光与红外,2014(6):702-706.
- [9] 钟雪君.一种改进的 Otsu 双阈值二值化图像分割方法[J].电子世界,2013(4):104-104.
- [10] 周骥.基于光学特性的图像篡改取证技术[D].北京:北京交通大学,2014.

### 作者简介

王珊,1992 年出生,硕士研究生,主要研究方向为机电控制系统。  
E-mail:1256142954@qq.com

## PicoScopeDeepMeasure™ 可对每次采集的上千万个关键波形参数进行测量

### 波形分析和搜索功能可帮助验证复杂设备的特点和性能

2017 年 8 月 25 日,作为 PC 示波器和数据记录仪市场领导者的英国比克科技(Pico Technology),今天将推出 DeepMeasure 分析工具。作为 PicoScope 3000、4000、5000 和 6000 系列示波器包含的标准配置,DeepMeasure 可提供波形参数的自动测量,测量范围可达上千万个连续波形周期。可以方便地对结果进行排序、分析并与波形显示关联。

随着电子设备的日益复杂化,设计工程团队需要更好的工具来记录、分析和可视化波形数据及测量统计数据。大部分数字示波器提供频率、时段、上升和下降时间、占空比和最大及最小电压等常规参数的自动测量功能,但是该测量功能通常局限于针对示波器内存中捕获的单个完整波形周期。同一次采集中的后续波形周期将显示在屏幕上,但是却被测量结果丢弃。测量统计数据(最大/最小/平均/总和)必须通过多次采集才能编制,且不规则的位模式极易缺失或被忽略。

PicoScope 3000 系列(512 M 内存,1 GS/s 采样)和 6000 系列(2 G 内存,5 GS/s 采样)等带有深层捕获内存的示波器可以捕获具有数千个波形周期的波形,且每次触发的采集均可以最大的采样速度进行。DeepMeasure 可返回一个结果表格,其中包含内存中捕获的每个波形周期。该工具的第一版

中包含十个波形参数,并可收集每个参数的上百万个结果。

捕获结果的表格可以按照升序或降序进行排序,使工程团队能够发现异常情况,从而快速找到复杂问题的原因。例如,单击“上升时间”列标题,可以从多达 100 万个波形周期中快速找到最快(或最慢)的上升时间。双击特定的测量可以在示波器视图中突出显示对应的周期。

对于柱状图和高级数据可视化等更为复杂的分析,可导出测量值表格,以便于配合 Excel 和 MATLAB 等工具一起使用。

“可视化真实测试数据是解决当今许多工程挑战的关键,”英国比克科技(Pico Technology)测试和测量部门业务开发经理 Trevor Smith 解释说。“DeepMeasure 是一款强大的工具,可以充分利用 PicoScope 深内存示波器对复杂波形进行快速分析和调试,范围从串行数据流至激光脉冲和粒子物理实验。可以容易地发现异常情况并与示波器捕获的其他事件进行关联。”

### 定价及可获得性

对于 PicoScope 3000、4000、5000 和 6000 系列示波器的用户,带有 DeepMeasure 的 PicoScope 免费使用。现在可以从 <https://www.picotech.com/downloads> 下载测试版。