

文章编号:1007-2780(2016)05-0464-06

一种可穿戴人体运动轨迹测评装置的液晶显示设计

梁 文,荆宇昊,吕沅宏,孔凡秋,耿卫东*
(南开大学 微电子系 光电子薄膜器件与技术天津市重点实验室 光电信息技术科学教育部
重点实验室,天津 300071)

摘要:基于 TMS320F28335 设计了一种人体运动识别与测评装置。利用运动传感器 MPU6050 获取人体运动姿态数据,并与标准数据相比较,能够实时提醒使用者动作的规范程度。独特的可编程教练模式,能够现场采集和处理标准数据,适用于体育训练和患者康复。该装置使用串口 LCD 作为显示模块,能够显示所测人体运动的加速度、角度和人体运动轨迹的测评与分析结果。给出了系统液晶显示电路的硬件设计和软件流程图。实验结果表明,所设计的显示电路模块接口简单,使用方便,体积适中,能够满足可穿戴人体运动轨迹测评的显示要求。

关 键 词:液晶显示模块;可穿戴设备;运动轨迹记录;微处理器
中图分类号:TN27 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20163105.0464

LCD display design in wearable motion track device

LIANG Wen, JING Yu-hao, LU Yuan-hong, KONG Fan-qiu, GENG Wei-dong*

(*Department of Microelectronics, Nankai University, Key Laboratory of
Photo-Electronics Thin Film Devices and Technique of Tianjin,
Key Laboratory of Opto-electronic Information Science and Technology
(Nankai University, Tianjin University), Ministry of Education, Tianjin 300071, China*)

Abstract: A wearable motion recognition and evaluation device were designed base on TMS320F28335. The device can remind the user action whether it was correct by compared standard data with human motion and attitude data obtained by motion sensors MPU6050. Equipped with unique programmable coach mode which enable the collection and production of standard motion data, the device is suitable for physical training and rehabilitation of patients. The serial interface LCD is used as a display panel, which can display the acceleration, angle of the human motion and evaluation and analysis results of human motion posture. The hardware design and software flow chart of the liquid crystal display circuit are given. The experimental results show that the LCD display circuit interface is simple, easy to use, moderate size, to meet the requirements of wearable human motion trajectory evaluation.

Key words: LCD module; wearable devices; movetrack recording; MCU

收稿日期:2015-12-14;修订日期:2015-12-25.
基金项目:天津市自然科学基金(No. 13JCQNJC01200);天津市大学生创新项目(No. 11JCZDJC22900)
Supported by Tianjin Natural Science Foundation(No. 13JCQNJC01200); Tianjin University Students Innovate Projects(No. 11JCZDJC22900)
* 通信联系人,E-mail:gengwd@nankai.edu.cn

1 引言

人体运动识别在智能监控、虚拟现实、军事和体育训练、病患康复等领域具有广泛的应用,是一个非常活跃的研究领域^[1-2]。除了基于视觉的识别方法^[3]等以外,近年来随着可穿戴电子技术的发展^[4],可穿戴人体运动检测和识别技术作为一个新的发展方向正在受到高度关注。石欣等人基于薄膜压敏传感器设计的可穿戴式跌倒检测装置,能够有效地检测佩戴者的跌倒状态^[5]。A. Ahmadi 等人基于可穿戴式惯性传感器设计的人体运动检测系统能够记录人体运动数据,分辨运动类型和分析运动员潜在运动损伤风险等^[6-7]。J. Vales-Alonso 等人利用可穿戴生理监测模块 ZephyrBioHarness 设计了一种名为智能专业排球训练助手(SAETA)的教练辅助系统,该系统可以即时分析传感器数据,对运动员的训练类别和训练量进行记录,有助于教练适当调整训练计划^[8]。目前已报导的可穿戴人体运动识别技术往往针对人体某一特定部位或某一种运动类型进行数据采集,需要教练或专业人员对数据进行分析,使用上受到一定的限制。本文设计了一种通用型可穿戴人体运动轨迹测评装置,与已报导的运动识别系统相比,本文提出的系统以点阵式液晶显示器作为显示界面^[9-10],利用微处理器 TMS320F28335 将传感器采集的数据解算成运动轨迹,具有独特的可编程教练数据设定功能,对每一次动作与教练数据进行比较和评测,能够满足用户自行纠正动作的目的,具有结构简单、功耗低、体积小、稳定性高、实时性强等特点。

2 系统整体结构

本文设计的可穿戴运动轨迹测评电路整体结构框图如图 1 所示,主要包括传感器电路,控制与数据处理电路,控制按键,显示电路,数据存储和电源几个部分。传感器电路由 6 轴运动传感器 MPU6050 和数据传输电路组成,MPU6050 集成了一个 3 轴陀螺仪和一个 3 轴加速度计,陀螺仪可以测出运动的三维角加速度,反映了使用者肢体的运动姿态。加速度计用来测量运动的三维加速度,反映了使用者肢体在不同方向的运动发力,

加速度大小和方向;控制与数据处理电路由处理器 DSP 芯片 TMS320F28335 构成,其作用是把传感器采集的加速度和角速度数据进行坐标变换和运动解算,计算出人体肢体的空间运动轨迹,并对运动状态进行评测。同时处理器芯片完成整个系统的协调控制、参数设定和通信等功能;控制按键和显示电路组成一个简易的系统人机界面,由串口驱动液晶显示模块 MzLH04-12864、3 个 LED 和 3 个按键组成,液晶显示模块用于现场显示运动参数、3 个 LED 用来显示本次动作的规范程度,三个按键用于对系统进行设置等;存储器电路用于存储运动数据,采用外部 SD 卡存储方式,可以实现大容量数据存储、方便将数据传输到 PC 机进行后续处理与分析。

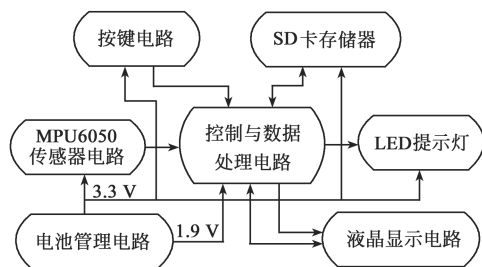


图 1 系统电路结构框图

Fig. 1 Block diagram of system circuit

3 硬件设计

3.1 系统主电路设计

为了降低功耗和成本,本系统尽量简化系统设计,主电路原理图如图 2 所示。采用微处理器 TMS320F28335 作为主控制芯片,该芯片能够达到 150 MHz 的主频,可以设定标准模式和低功耗模式。该处理器采用哈佛总线结构,具有 DSP 内核和 IEEE-754 单精度浮点单元(FPU),能够满足本系统在对传感器输出的数据进行坐标变换和人体运动轨迹解算时的浮点运算需求。该处理器具有丰富的外部 GPIO 接口,可供用户灵活复用 GPIO 来组成不同的应用系统。本设计中的外部电路主要分为 4 个模块,采用 I2C 接口连接运动传感器模块,采用一组 SPI 接口连接液晶显示模块,采用一组多通道缓冲串行口连接 SD 卡外部存储器模块,采用一组 6 线 GPIO 驱动 3 个 LED 和 3 个按键。

4 软件设计

系统软件基于 Code Composer Studio 平台开发,使用 C 语言编写,程序可移植性强。程序主要分为初始化、数据采集和存储、运动轨迹解算、运动评测和液晶显示 5 个模块。

其中运动轨迹解算程序按设定好的时间间隔读取 MPU6050 输出的数据,由于 MPU6050 模块内置了 DMP 运动数据融合引擎,不仅可以输出陀螺仪和加速度计的读数,也可以输出数据融合后的四元数,使得更容易进行运动姿态数据解算。运动轨迹解算程序有 3 种工作模式,一是教练模式,软件将读取的陀螺仪和加速度计输出以及融合后的四元数进行滤波和数据融合以后,用所得的结果更新内置的标准数据;二是训练模式,软件将数据融合后的结果,按时间间隔与存储器中的标准数据进行比较,比较结果输出到运动评测程序,对本次运动给出评价,并驱动相应的 LED 发光,运动轨迹解算程序的具体设计本文不赘述;三是测试模式,软件将读取的传感器数据存入存储器并显示在屏幕上,有助于使用者发现装置的硬件或软件故障,辅助测试人员调试传感器。

液晶显示程序流程图如图 4 所示,由于液晶显示模块采用了 SPI 接口进行通信,外部控制器在驱动液晶模块时,可以不考虑液晶模块的时序信号,因此该液晶显示模块的驱动软件设计相对简单,只需要对 SPI 接口进行初始化并按显示的要求驱动 SPI 传输即可。MzLH04-12864 液晶显示模块的 SPI 传输协议规定,由片选信号 CS 来控制信号传输,在一个数据传输帧内,第一个字节发送显示指令后,微处理器可以连续写入要显示的数据地址和显示的内容数据。液晶模块的显示程序使用子程序结构,MzLH04-12864 共有 17 种显示驱动函数指令,可以用来控制描点、划线、画各种规则形状、ASCII 码字符及字符串显示、汉字显示、黑白模式切换和清屏等,在液晶显示模块的程序中调用这些驱动函数,即可控制液晶模块的显示。液晶显示模块显示一个无符号整型数字的过程是,首先置片选信号为低电平,再按顺序连续发送指令码 0x0C、显示字符在屏幕上的水平位置和垂直位置、对应的数字 ASCII 码数值,最后将 CS 信号设置为高电平。

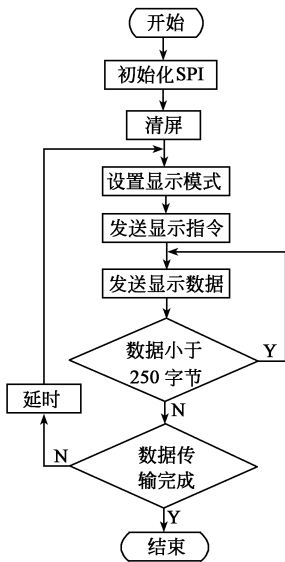


图 4 液晶显示模块软件流程图
Fig. 4 Flow chart of LCM

为了便于训练者在每次动作结束后,及时查看动作的规范程度,液晶显示模块能够显示动作评测结果和不同采样点的加速度和角度数据,以提醒训练者纠正动作的要点。实验表明空间运动轨迹在低分辨率液晶模块上的显示不是很直观,可以把存储的数据传入 PC 机中进行显示和分析。

5 实验结果

可穿戴人体运动轨迹测评装置实物照片如图 5 所示,系统组装后为 40 mm×50 mm,可以佩戴在人的手腕等部位。图中的黑色电源插头用来为锂离子电池充电。

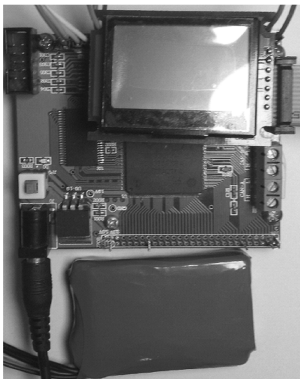


图 5 系统实物图
Fig. 5 Actual object of system

液晶显示界面设置了菜单切换的功能,在屏幕左侧用 4 个字母表示 4 个菜单选项,分别为测评结果和分析页面、测评记录数据查询页面、数据采集测试页面和测评开始页面。图 6 为测评结果和分析页面显示结果,给出了测评结果、动作不规范的可能原因和纠正建议等。在测评记录数据查询页面中,使用者可以查阅运动动作的加速度和角度数据,如图 7 所示;在数据采集调试页面中可以测定当前的运动加速度和姿态角度,可以实时地对当前运动状态数据进行显示,帮助使用者来检验系统运动测定的准确性,及时发现系统的一些硬件或软件缺陷,对数据进行补偿和修正,保证运动测评的准确性;在测评开始页面中,运动者可以按下开始按键,准备下一次运动数据的采集和测评。本装置采集到的人体运动数据也会存

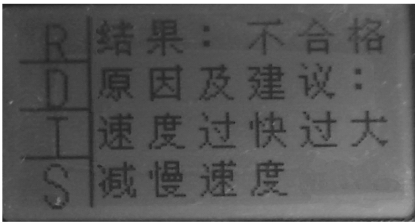


图 6 测评和分析显示界面

Fig. 6 Display of result and analysis

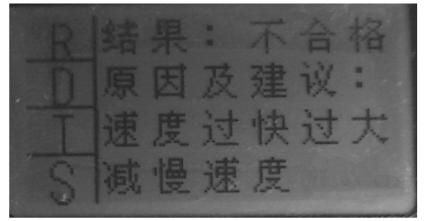


图 7 加速度和角度数据显示

Fig. 7 Display of angle and acceleration data

储到 Micro SD 卡存储器中,可供手机、电脑等其他平台获取运动数据,并对运动数据进行进一步的分析。

6 结 论

设计了一种基于 TMS320F28335 的可穿戴轨迹记录与测评装置,使用 MzLH04-12864 液晶模块作为显示界面,结合三键按键电路,实现了简易的人机界面设计,具有体积小,携带方便,稳定性好、功耗低的特点。实验结果表明,液晶显示模块能够正确显示系统控制状态和人体运动轨迹数据,基于显示结果的提示和纠正建议,训练者可以利用所设计的系统重复训练某一个或一组动作,可用于体育训练和患者康复。

参 考 文 献:

- [1] 黄波士,陈福民. 人体运动捕捉及运动控制的研究[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(7): 60-63.
HUANG B S, CHEN F M. Research on human body motion capture and motion control [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2005, 41(7): 60-63. (in Chinese)
- [2] YANG Y, CHENG N N, ZHANG M M. Research on activity recognition method based on human motion trajectory features [J]. *Journal of Convergence Information Technology*, 2012, 7(1): 79-85.
- [3] 胡琼,秦磊,黄庆明. 基于视觉的人体动作识别综述[J]. 计算机学报, 2013, 36(12): 2512-2524.
HU Q, QIN L, HUANG Q M. A survey on visual human action recognition [J]. *Chinese Journal of Computers*, 2013, 36(12): 2512-2524. (in Chinese)
- [4] 封顺天. 可穿戴设备发展现状及趋势[J]. 信息通信技术, 2014(3): 52-57.
FENG S T. Wearable devices development status and trend [J]. *Information and Communications Technologies*, 2014(3): 52-57. (in Chinese)
- [5] 石欣,张涛. 一种可穿戴式跌倒检测装置设计[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(3): 575-580.
SHI X, ZHANG T. Design of a wearable fall detection device [J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2012, 33(3): 575-580. (in Chinese)
- [6] AHMADI A, MITCHELL E, DESTELLE F, et al. Automatic activity classification and movement assessment during a sports training session using wearable inertial sensors [C]. *Proceedings of the 11th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, Zurich: IEEE, 2014: 98-103.
- [7] AHMADI A, MITCHELL E, RICHTER C, et al. Toward automatic activity classification and movement assess-

- ment during a sports training session [J]. *IEEE Internet of Things Journal*, 2015, 2(1): 23-32.
- [8] VALES-ALONSO J, CHAVES-DIÉGUEZ D, LÓPEZ-MATENCIO P, *et al.* SAETA: A smart coaching assistant for professional volleyball training [J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2015, 45(8): 1138-1150.
- [9] 李清泉,于群,冯知海,等. 变压器微机保护实验平台的液晶显示设计[J]. 液晶与显示,2015,30(4):641-646.
LI Q Q, YU Q, FENG Z H, *et al.* Design of liquid crystal display for experimental platform about transformer protection based on microprocessor [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(4): 641-646. (in Chinese)
- [10] 尤卫卫,冒建亮,叶桦. 基于 STM32 和 CPLD 的 TFT-LCD 显示控制器设计[J]. 液晶与显示,2015,30(3): 444-450.
YOU W W, MAO J L, YE H. Design of TFT-LCD display controller based on STM 32 and CPLD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(3): 444-450. (in Chinese)

作者简介:梁文(1994—),男,天津人,主要从事平板显示方面的研究。E-mail: liang757413027@hotmail.com