

# 基于 MMA8452Q 的肢体动作识别系统的设计

谢泽奇, 张会敏

(郑州大学西亚斯国际学院, 河南 郑州 451150)

**摘要:**针对手势交互中手势信号的相似性和不稳定性,在研究了加速度传感器 MMA8452Q 的基础上,设计并实现了一种基于三轴加速度传感器的手势识别方案。该系统利用 MMA8452Q 传感器采集手部倾斜角度信号,通过 IIC 连接方式将采集到的数据传送到单片机 STC89C52RC,单片机 STC89C52RC 对接收到的数据进行分析处理,最后输出相对应的控制信号,可以用来实现肢体动作控制家电。测试结果表明:系统测量精度高、运行稳定、实时性好、性价比高,具有一定的实用价值。

**关键词:**加速度传感器;动作识别;系统

**中图分类号:**TP271

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2014)02-0198-04

**doi:**10.3969/j.issn.1673-629X.2014.02.049

## Design of a Gesture Recognition System Based on MMA8452Q

XIE Ze-qi, ZHANG Hui-min

(Sias International University of Zhengzhou University, Zhengzhou 451150, China)

**Abstract:** Aiming at similarity and instability of gesture activity signal in gesture interaction, a gesture recognition scheme based on three-axial accelerometer Freescale MMA8452Q is designed and realized. The system uses the MMA8452Q chip to collect the hand tilt angle signals, then transmits the data to the MCU STC89C52RC through the IIC bus, the MCU STC89C52RC analyzes and processes the signals, then outputs the final corresponding control signals, which is used to implement gesture for home appliances controlling. The test result shows that this system has high measuring accuracy, stable operation, good real-time and high performance-price ratio, with certain practical value.

**Key words:** acceleration sensor; gesture recognition; system

## 0 引言

与传统人机交互模式相比,基于手势的交互更加自然便捷。目前主要的肢体动作识别方法有两种<sup>[1-3]</sup>:一是基于视觉的肢体动作识别;二是基于加速度数据手套的肢体动作识别。视觉识别是运用摄像设备捕获人的手势动作图片,通过提取手形轮廓进行动作识别。由于人手是复杂变形体,肢体动作具有多样性、多义性以及时间和空间上的差异性等特点,因此基于视觉的肢体动作识别难以取得突破性进展<sup>[4]</sup>。微型化、低功耗电子器件技术的飞速发展极大地推动了可穿戴设备的研究,基于加速度传感器的惯性测量单元能嵌入到几乎任何界面或设备中直接测量手势动作信

息,同时,移动计算技术的发展和普及也为实时肢体动作识别提供了支撑环境<sup>[5-6]</sup>。文中给出了一种基于 51 单片机 STC89C52RC 和加速度传感器 MMA8452Q 组成的系统进行肢体动作识别,使其能够用于肢体动作控制系统。

这是一种低功耗、低成本、易于实现的方案。

## 1 系统的总体结构

该系统由信号采集部分、信号分析部分、信号输出部分组成。由 MMA8452Q 采集手部动作的倾斜角信号,再将信号传给单片机 STC89C52RC 芯片,然后通过 STC89C52RC 芯片进行数据分析,如果倾斜角信号

满足判定条件,则 STC89C52RC 输出相对应的信号,此系统通过 LCD 液晶显示相应的肢体动作。

系统框架如图 1 所示。



图1 系统框架图

## 2 加速度传感器 MMA8452Q

加速度传感器是一种能够测量加速力的电子设备。加速力就是当物体在加速过程中作用在物体上的力,加速力可以是个常量,也可以是变量。加速度计有两种:一种是角加速度计,是由陀螺仪(角速度传感器)改进的。另一种就是线加速度计。线加速度计的原理是惯性原理,也就是力的平衡,  $A(\text{加速度}) = F(\text{惯性力})/M(\text{质量})$ ,通过电磁力去平衡就可以测得  $F$ 。从而可以得到  $F$  与电流的关系。加速度是一空间矢量,一方面,要准确了解物体的运动状态,必须测得其三个坐标轴上的分量;另一方面,在预先不知道物体运动方向的场合下,只有应用三维加速度传感器来检测加速度信号<sup>[7]</sup>。三维加速度传感器具有体积小和重量轻的特点,可以测量空间加速度,能够全面准确反映物体的运动性质,在航空航天、机器人、汽车和医学等领域得到了广泛的应用<sup>[8-9]</sup>。

### 2.1 MMA8452Q 简介

飞思卡尔的 MMA8452Q 是一款具有 12 位分辨率的智能低功耗、三轴、电容式微机械加速度传感器<sup>[10]</sup>。这款加速度传感器具有丰富嵌入式功能,带有灵活的用户可编程选项,可以配置多达两个中断引脚。嵌入式中断功能可以节省整体功耗,解除主处理器不断轮询数据的负担。MMA8452Q 具有  $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g$  的用户可选量程,可以实时输出高通滤波数据和非滤波数据。该器件可被配置成利用任意组合可配置嵌入式的功能生成惯性唤醒中断信号,这就使 MMA8452Q 在监控事件的同时,在静止状态保持低功耗模式。MMA8452Q 是一个大小为  $3\text{ mm} \times 3\text{ mm} \times 1\text{ mm}$  QFN 封装的芯片。

### 2.2 MMA8452Q 的外围电路

#### (1) MMA8452Q 供电电路。

通过查找手册可知, MMA8452Q 的 VCC 电压为 1.95 V 到 3.6 V,而单片机输出电压为 5 V,所以需要设计一个电平转换器,解决它们两者电源电压要求不一致的问题。该方案采用的 MMA8452Q 加速度模块使用电平转换芯片进行电平转换。MMA8452Q 的供电

电路如图 2 所示。

#### (2) IIC 电平转换电路。

现在集成电路工艺加工的间隙可达  $0.5\text{ }\mu\text{m}$  而且很少限制数字 I/O 信号的最大电源电压和逻辑电平,为了将这些低电平电压电路与已有的 5 V 或其他 I/O 电压连接起来,接口需要一个电平转换器。MMA8452Q 所采用的 IIC 电平转换电路如图 3 所示。

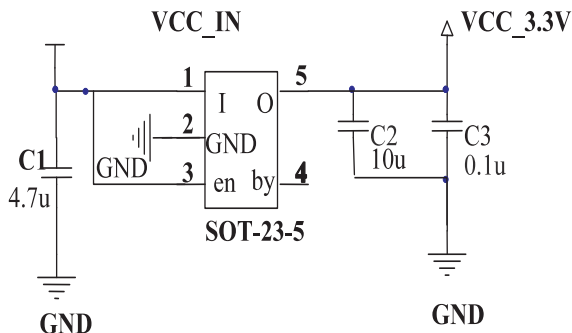


图2 MMA8452Q 的供电电路

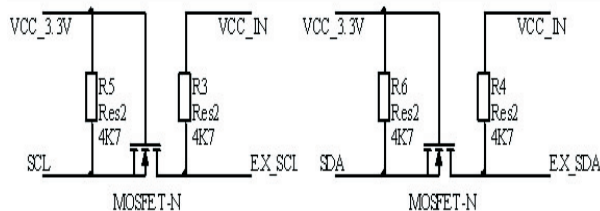


图3 MMA8452Q 的 IIC 电平转换电路图

其电平转换的工作过程如下:

#### ①没有器件下拉总线线路。

低电压部分的总线线路通过上拉电阻  $R_p$  上拉至 3.3 V 的 NMOS 管的门极和源极都是 3.3 V,所以它的  $V_{gs}$  低于阈值电压 NMOS 管不导通,这就可以使高电平部分总线线路通过与其连接的上拉电阻  $R_p$  拉升到 5 V。这时两部分总线线路的电压都是各自的高电平只是电压电平不相等。

#### ②3.3 V 器件将总线线路下拉到低电平。

NMOS 管的源极将变成低电平但是门极是 3.3 V。 $V_{gs}$  高于阈值, NMOS 管开始导通之后高电平部分总线线路通过导通的 NMOS 管由 3.3 V 器件下拉至低电平,这时两部分总线线路都是电压电平相同的低电平。

#### ③5 V 将总线线路器件下拉到低电平。

NMOS 管的漏极电压被下拉,直到  $V_{gs}$  超过阈值, NMOS 管开始导通,低电平部分总线线路通过导通的 NMOS 管由 5 V 器件再一次下拉至低电平,这时两部分总线线路都是电压电平相同的低电平。

以上三种状态显现了总线系统两个方向上逻辑电平的传输,和驱动部分无关。状态 1 执行的是电平转换的功能,状态 2、3 按照 IIC 总线要求的规范在两部分总线线路间完成“线与”功能。除了 3.3 V 和 5.0 V

的电源电压外,还可以是 2 V 和 10 V 等的正常操作,其中 VDD2 必须等于或高于 VDD1。注意 VDD1 作为较低部分的电压,必须能够大于所选择的 NMOS 管的阈值电压,也就是必须能够打开 NMOS。

### (3) IIC 读写程序。

MMA8452Q 传感器采用的是 IIC 通讯方式,IIC 串行总线一般有两根信号线,一根是双向的数据线 SDA,另一根是时钟线 SCL。所有接到 IIC 总线设备上的串行数据 SDA 都接到总线的 SDA 上,各设备的时钟线 SCL 接到总线的 SCL 上。在 IIC 总线传输过程中,将两种特定的情况定义为开始和停止条件:当 SCL 保持“高”时,SDA 由“高”变为“低”为开始条件;当 SCL 保持“高”且 SDA 由“低”变为“高”时为停止条件。开始和停止条件均由主控制器产生。使用硬件接口可以很容易地检测到开始和停止条件,没有这种接口的微机必须以每时钟周期至少两次对 SDA 取样,以检测这种变化。

### (4) IIC 总线工作过程。

①开始/停止状态。当主机进行启动与停止的数据传输时,主机会在总线上发出开始信号用来启动数据的传输;需要停止数据传输时在总线上发出停止信号即可。在开始与停止状态之间,不允许其他主机控制总线所以需要假定总线忙。在开始与停止状态之间发出一个新的开始状态是个特例,这被称为重新开始状态,可以用在主机不放弃总线控制下启动一个新的传送的情况。在重新开始之后,直到下一个停止,同样需要假定总线忙。这与开始是一样的,因此开始与重新开始均直接用开始表述。开始与停止状态的 SCL 线都为高电平,通过 SDA 线的不同电平就可以实现。开始/停止状态时序如图 4 所示。

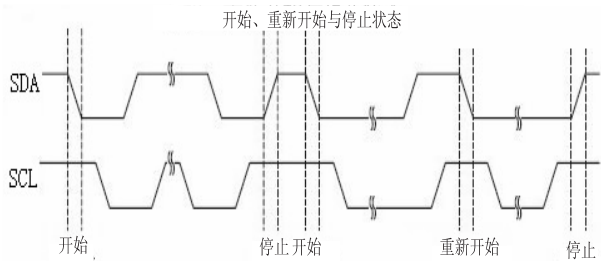


图 4 开始/停止状态时序图

②地址包格式。用来在 IIC 总线上进行传送的地址包都是 9 位,其中包括 7 位地址位、1 位读/写控制位和 1 位应答位。如果读/写为 0 时,则执行写操作;否则执行读操作。从机被寻址后,要求在第 9 个 SCL (应答) 周期拉低 SDA 线来作出应答。如果从机忙或者由于特殊原因不能回应主机,则要求在应答周期一直保持 SDA 为高。随后主机通过发出停止状态或重新开始状态重新开始数据发送。地址包包括 SLA+R

或 SLA+W 的读或写位以及从机地址位。首先发送地址字节的 MSB 位,设计者可以自由分配从机地址,但地址 0000 000 需要作为广播地址进行保留。当广播呼叫发送时,所有的从机需要在应答周期拉低 SDA 线作出应答,主机发送相同信息给多个从机时就需要用到广播功能,这样所有的从机都可以接收到主机发送的数据包。在进行整体访问时发送读位是没有意义的,如果多个从机发送的数据不同时就会导致总线冲突。地址包时序图如图 5 所示。

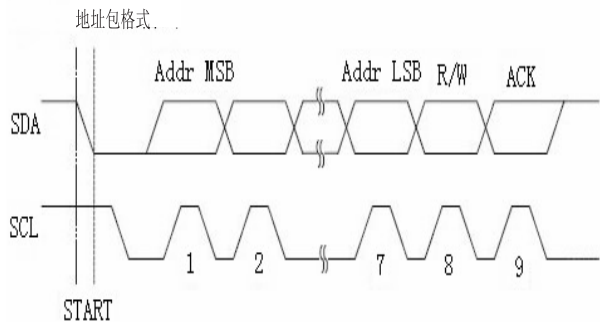


图 5 地址包时序图

③数据包格式。用来在 IIC 总线上进行传送的数据包都是 9 位,其中包括 8 位数据位和 1 位应答位。在进行数据传送时,时钟信号和开始/停止状态都由主机产生,接收器只响应接收。从机通过在第 9 个 SCL (应答) 周期拉低 SDA 线实现应答。如果接收器的 SDA 为高电平时,则发出不应答信号。当接收器接收完成或者因为特殊原因无法再接收更多数据时,需要在收到最后字节后发送不应答信号来回应发送器。数据 MSB 首先发送。数据包时序图如图 6 所示。

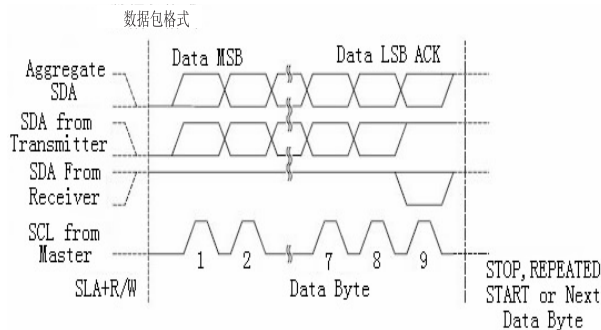


图 6 数据包时序图

## 3 实验结果

该系统通过由 MMA8452Q 采集手部动作的倾斜角信号,并将结果通过 MAX232 串行传给 STC89C52RC 芯片,最后通过 STC89C52RC 根据结果进行动作识别,然后通过 LCD 液晶显示相应的肢体动作。系统利用 Keil Uvision3 平台进行单片机 C 语言程序的编程<sup>[11-12]</sup>,在实验过程中要求肢体动作不能移动速度太慢,最低速度大于 10 cm/s 时识别效果较理想,

主要识别水平左移、水平右移、垂直上移、垂直下移、右上移、右下移、左上移、左下移几种动作,每个动作测试 10 次。则正确识别次数如表 1 所示。

表 1 肢体动作识别结果表

实验结果/次	水平左移	水平右移	垂直上移	垂直下移	右上移	右下移	左上移	左下移
5 ~ 10/(cm/s)	6	6	7	8	7	8	7	7
10 ~ 15/(cm/s)	8	9	9	8	9	8	8	8
大于 15/(cm/s)	9	10	10	10	10	9	10	10

根据 MMA8452Q 线加速度计公式:  $A(\text{加速度}) = F(\text{惯性力})/M(\text{质量})$ , 结合实验结果可以看出, MMA8452Q 移动速度越大,根据惯性定律,通过电磁力去平衡就可以测得  $F$  值就越明显,从而可以得到  $F$  与电流的关系值也就越大,识别效果也就越理想。在速度大于 10 cm/s 时识别率达到 91%,可基本满足家电肢体动作控制要求。

4 结束语

该系统使用加速度传感器 MMA8452Q 作为数据采集模块,STC89C52RC 单片机最小系统作为数据处理模块,MAX232 作为串行数据传输模块来设计实现了肢体动作控制系统。系统具有性能稳定、实时性强、集成度高、扩展性灵活等特点,体现了简单、安全、有效、可靠的肢体动作识别系统的设计理念,适用于家电控制等各种场所。实验表明,系统运行稳定、实时性

好、安全性高。

参考文献:

[1] Mantyjarvi J, Juha K, Panu K, et al. Enabling fast and effort-less customisation in accelerometer-based gesture interaction [C]//Proc of the 3rd international conference on mobile and ubiquitous media. Maryland, USA: [ s. n. ], 2004:25-31.

[2] 龚陶波. 基于计算机视觉的静态肢体动作识别系统[D]. 武汉: 华中师范大学, 2008.

[3] 熊书来. 基于 ARM7 TDMI 模拟微控制器的 I2C 接口应用[J]. 软件导刊, 2010(9): 126-127.

[4] 张会敏, 谢泽奇, 张云龙. 红外图像报警系统的研究与实现[J]. 计算机测量与控制, 2011, 19(2): 432-435.

[5] 杜树春. 单片机 C 语言和汇编语言混合编程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.

[6] 张会敏, 卢兰涛, 崔 鹏, 等. 双阈值背景差分算法在嵌入式报警系统中的应用[J]. 传感器与微系统, 2010, 29(10): 138-140.

[7] 张秋余, 姚开博, 吴佩莉. 基于矩形特征和改进 Adaboost 的手势检测[J]. 计算机工程, 2008, 34(14): 176-178.

[8] 刘 蓉, 刘 明. 基于三轴加速度传感器的手势识别[J]. 计算机工程, 2011, 37(24): 141-143.

[9] 陈 意, 杨 平, 陈旭光. 一种基于加速度特征提取的手势识别方法[J]. 传感技术学报, 2012, 25(8): 1073-1078.

[10] MMA8452Q 使用手册[M]. 出版地不祥: Freescale 公司, 2010.

[11] 赵全利, 张之枫. 单片机原理及应用[M]. C51 版. 北京: 机械工业出版社, 2012.

[12] 王东锋. 单片机 C 语言应用 100 例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

(上接第 197 页)

[2] Gennari J H, Musen M A, Ferguson R W, et al. The evolution of Protégé: An environment for knowledge-based systems development[J]. International journal of human-computer studies, 2003, 58(1): 89-123.

[3] McGuinness D L, van Harmelen F. OWL Web ontology language overview[M]. [ s. l. ]: [ s. n. ], 2004.

[4] 郁 鹏, 周 济, 温淑红. 知识处理中的推理机设计[J]. 小型微型计算机系统, 1999, 20(1): 20-24.

[5] 高 琦, 陈华钧. 互联网 Ontology 语言和推理的比较和分析[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(10): 73-76.

[6] 杨 力. 从 RDF, DAML+OIL 到 OWL-Ontology 语言比较[J]. 农业图书情报学刊, 2005, 17(11): 108-110.

[7] 徐德智, 汪智勇, 王 斌. 当前主要本体推理工具的比较分析与研究[J]. 现代图书情报技术, 2006(12): 12-15.

[8] 陈光仪. 基于关系数据库的本体存储研究[D]. 长沙: 中南

大学, 2009.

[9] 李 勇, 李跃龙. 基于关系数据库存储 OWL 本体的方法研究[J]. 计算机工程与科学, 2008, 30(7): 105-107.

[10] 何 伟, 杨小平. 基于词间语义关联性的本体扩展[J]. 计算机应用与软件, 2011, 28(11): 73-76.

[11] 李 渝. 本体查询及自动完善系统研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2010.

[12] 张宗仁, 杨天奇. 基于自然语言理解的 SPARQL 本体查询[J]. 计算机应用, 2010, 30(12): 3397-3400.

[13] Welty C, McGuinness D L. OWL Web ontology language guide [EB/OL]. 2004-02. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210>.

[14] 刘 宁, 李冠宇, 邵 彬. Jena2 推理机制的研究[J]. 微机计算机信息, 2010, 26(11-3): 173-175.



# 基于MMA8452Q的肢体动作识别系统的设计

作者：[谢泽奇](#)，[张会敏](#)，[XIE Ze-qi](#)，[ZHANG Hui-min](#)  
作者单位：[郑州大学西亚斯国际学院, 河南 郑州, 451150](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2014(2)

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201402050.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201402050.aspx)