

基于 PSoC 的触摸感应控制器设计与实现

刘慧英 张丽红 江 豪 李 斌

(西北工业大学自动化学院, 西安 710072)

摘要 针对机械式控制器设计与应用的局限性, 采用 PSoC(片上系统)作为处理器, 开发了一种新型的触摸感应控制器。该系统应用 CSD 原理, 以及独特的设计方法改善了触摸感应控制器设计的灵活性和开发周期, 利用 I2C—USB Bridge 实时调试提高了感应控制器设计的可靠性。调试结果表明, 该控制器运行稳定可靠, 具有一定的实用性和推广价值。

关键词 PSoC CSD 触摸感应 控制器

中图法分类号 TP368.2; **文献标志码** A

传统的机械式控制由于其设计复杂, 容易磨损和可靠性低等局限性, 已经不能满足技术的发展和应用的需要。在很多领域, 电容式感应技术凭借其设计的灵活性和低成本方面的优势, 正在迅速成为面板操作和多媒体交互的全新应用技术, 得到了广泛的应用^[1]。为了向市场提供最优化的触摸式解决方案, Cypress 推出了基于 PSoC 的 CapSense 触摸感应技术。用户几乎不需要外围元件, 可以单独调整触摸感应的灵敏度, 并实现与其他设备的通讯功能。本文以触摸感应控制器的设计为例, 对基于 PSoC 的触摸感应传感器的设计、调试以及其与上位机的通信实现做详细说明。

1 PSoC 体系结构及 CSD 原理

PSoC 是美国 Cypress MicroSystems 公司推出的 8 位可配置的嵌入式单片机。PSoC 的最大的特点是在单一芯片上, 集成了数量不等的模拟资源和数字资源(数量视具体产品型号而定)以及一些附加的实用系统资源, 这些资源可以自由组合^[2]。用户可以根据自己的实际需求, 动态地重构资源, 适当调整参数, 用以替代几乎所有的常用外围器件。

2010 年 8 月 25 日收到

第一作者简介: 刘慧英(1956—), 山东日照人, 教授, 研究方向: 现代控制理论与应用研究。

PSoC 器件内部体系结构的主要特征是: 系统由 PSoC 内核、可编程的 PSoC 数字模块阵列、模拟模块阵列、系统资源及把这些资源连接起来的可编程数字和模拟连接组成。

PSoC 集成的 CSD 模块采用了开关电容技术的电容感测功能, 并配备增量求和调制器来转换流经开关电容传感器的电流为数字代码。如图 1 所示, 由五个主要部分构成: 感应开关电容、增量求和(Sigma-Delta)调制器、调制器位流滤波器、时钟源和比较参考电压源^[4]。

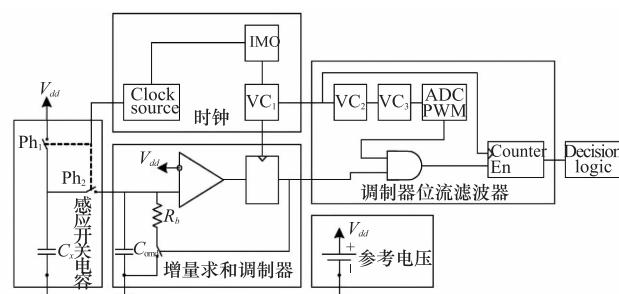


图 1 CSD 原理框图

普通电路板上两块相邻的覆铜之间存在一个固有的寄生电容, 当有导电体(如手指等)接近时, 感应电容 C_x 增大约 30 倍, 这样就可以通过测量感应开关电容值的变化来判断开关是否发生作用^[4]。增量求和调制器中为了保证比较器的时间足够长, 使得调制电容电压 V_{cmd} 能充分释放复位, 在比较器之后加入锁存器, 让比较器输出与时钟 VC_1 同步。

计数器可以通过在固件中处理最终计数溢出的方式而扩展至 16 位,所以触摸感应的分辨率范围为 9—16。CSD 模块支持 16 位伪随机序列发生器 (PRS16) 为其提供时钟源。PRS16 由 IMO 直接提供时钟信号,并提供了扩展频谱的能力,为系统提供了良好抗干扰性。

2 系统软硬件设计

选择 CY8C21534 作为控制器处理器芯片,共有 28 个引脚。其中,24 个引脚除了可以配置为数字 I/O 或模拟输入端口外,还可以通过其内部模拟总线作为模拟多路输入,因此可作为触摸感应检测输入端口。工作电压范围:(2.4—5.25)V,工作温度范围:(-40—+8)℃。芯片内核最高工作频率可达 24 MHz,提供了 512 Bytes SRAM 和 8 kB 的 Flash^[3]。内部资源主要包括:A/D 转换器;电压比

较器;电容感应检测 CSR 或 CSD;8—32 位 PWM、计数器和定时器;全双工 I²C、SPI 以及为模拟 PSoC 模块提供复杂的时钟源。

2.1 PSoC 内部资源配置

PSoC 设计必须首先完成芯片内部资源的规划,其片内资源设计流程具体为:确定系统需求、选择用户模块、放置用户模块、设置全局变量和用户模块参数、定义输出引脚、产生应用代码、编辑应用代码^[2]。如图 2 所示,本系统中 PSoC 所配置的内部硬件资源包括 3 个数字模块:CSD CNT、CSD PRS16_LSB、CSD PRS16_MSB 和 3 模拟模块:CSD CMP、CSD CMP0、CSD CMP_REF。外部调制器电容 C_{mod} 的引脚为 P₀[1];反馈电阻 R_b 的引脚为 P₁[5];I²C 通讯引脚分别为 P₁[0] 和 P₁[1];参考电压来自模拟调制器 (ASE11)。

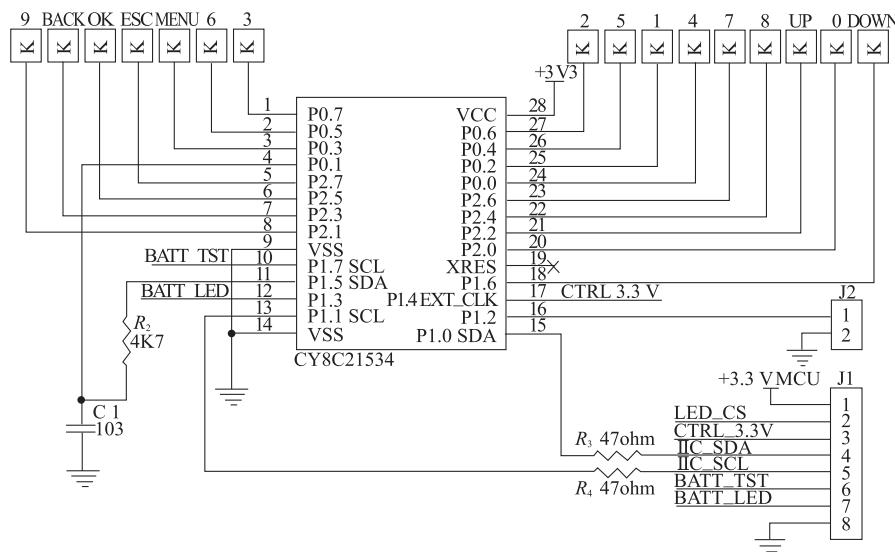


图 2 PSoC 资源配置图

对于全局资源的设置,如图 3 所示,系统主要参数有:CPU 时钟频率 24 MHz、工作电压 3.3 V、看门狗定时器频率 8 MHz。本系统中,CSD 模块参数如图 4 所示,在快速扫描模式下,如果数组 CSD_waSns-Diff[] 中采集的实时计数值大于 270 (FingerThreshold + NoiseThreshold),认为有触摸感应,否则控制器认为没有触摸感应。

2.2 软件设计

PSoC Designer 为每个模块的应用提供了许多 API 函数,在完成功能模块的参数配置工作后,系统就自动生成高质量的可供调用的应用程序接口 API 函数和中断服务程序 ISR,当编写应用程序时只需调用这些函数,即可实现该模块的功能^[2]。整个触摸感应控制器系统的软件采用 C 语言与调用 API

Power Setting [V 3.3V / 24 MHz]	
CPU_Clock	SysClk/2
Sleep_Timer	8_Hz
VC1= SysClk/N	16
VC2= VC1/N	16
VC3 Source	VC2
VC3 Divider	255
SysClk Source	Internal 24_MHz
SysClk*2 Disable	Yes
Trip Voltage [LVD]	3.02 V (3.10 V)
LVDThrottleBack	Disable
Watchdog Enable	Enable

图3 全局资源参数

Name	CSD
User_Module	CSD
Version	1.3
FingerThreshold	190
NoiseThreshold	80
BaselineUpdateThreshold	200
Sensors_Autoreset	Enabled
Hysteresis	10
Debounce	5
NegativeNoiseThreshold	20
LowBaselineReset	60
Scanning_Speed	Fast
Resolution	15
Modulator_Capacitor_Pin	P0[1]
Feedback_Resistor_Pin	P1[5]
Reference	ASE11
Ref_Value	2
Shield_Electrode_Out	None

图4 CSD 参数

函数相结合的方法,使用模块化结构编程。代码主要由 CSD 初始化、感应检测模块和感应控制模块等三部分组成。

API 函数的调用,极大地方便了程序的编写。以下是调用 API 实现 CSD 初始化的代码,是其他程序模块实现的基础^[4],对控制器的设计起着非常重要的作用。

```
CSD_SetScanMode(0,15);
for(i=0;i<16;i++)
CSD_ScanSensor(i);
CSD_SetScanMode(2,14);
CSD_ScanSensor(16);
CSD_UpdateAllBaselines();
```

3 系统调试

PCB 上触摸焊盘的大小,电磁干扰,覆盖材料以及材料的厚度等方面因素都会影响到传感器信噪比的一致性,所以就必须对系统进行调试,对参数进行修正^[5]。PSoC 提供的 API 函数使用了各种全局数组,用户没有必要更改这些数组,但是可以出于调试的目的来检验这些数值^[5]。系统测试过程中,采用 I²C-USB Bridge^[6] 读取数组 CSD_waSnsResult[] 中每个传感器的实时计数值,调整补偿电容 C_{mod} 值、扫描速度和扫描分辨率等参数。图 5 所示为某一传感器的实时计数值,经计算得出传感器信噪比值 $SNR = (25\ 230 - 25\ 015) / (25\ 045 - 25\ 015) = 7.167 > 5$,认为系统设计是可靠的^[5]。

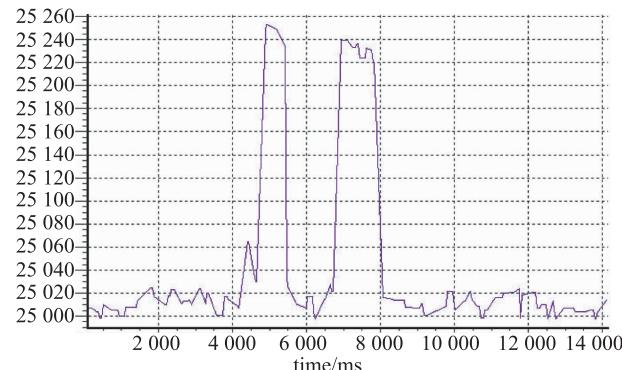


图5 某传感器实时计数值

4 与上位机的通讯测试

为了测试上述系统与其他处理器的通讯功能,用 TI 公司 TMS320VC5502 作为上位机,将控制器的 I²C 通讯引脚 P₁[0] 和 P₁[1] 分别与 DSP 内部集成的 I²C 接口相连,控制器的 P₁[4] 口作为中断接口与 DSP 相连。当系统检测到触摸感应时,将 P₁[4] 置位,并通过主 I²C 将数据送到 DSP。如果数据发送成功,P₁[4] 复位;否则一直用 P₁[4] 外部中断 DSP。为了提高传输信息的安全性,系统每次扫描结束,将扫描结果经过处理,放到指定的 I²C 缓存数

组,与上位机实现通讯。经过试验测试,DSP 可以准确无误的通过控制器中断信号,接收到数据,说明控制器通过 I²C 实现数据通讯是合理的。

5 结论

实验测试证明,本设计能够有效地检测触摸感应。与传统地机械式控制相比较,PSoC 使得硬件电路设计和软件程序的编写变得简单,并且具有功耗低,体积小,成本低,开发周期短,生命周期长和性能稳定等优点。对于传感器输出的模拟信号(ASE11),在要求精度不高的情况下,PSoC 内部模拟模块具有足够的能力对其进行各种类型的放大、转换和滤波等处理,因此,可以预见 PSoC 在触摸感

应控制领域将会得到更加广泛的应用。

参 考 文 献

- 1 Philip H. 电容式触摸屏输入技术在便携应用中前景广阔. 今日电子, 2006
- 2 戴国骏,张 翔,曾 虹. PSoCTM 体系结构与编程. 北京:中国科学技术出版社, 2005
- 3 叶朝辉,华成英. 可编程片上系统(PSoC)原理及实训. 北京:清华大学出版社, 2008
- 4 Cypress Corporation. CapSense Sigma-Delta Data Sheet. <http://www.cypress.com/portal/server.pt>
- 5 Mark Lee. Design Guide-CapSenseTM Buttons with CSD. <http://www.cypress.com/portal/server.pt>
- 6 Kobluk P, Kyrynyuk V. I2C-USB Bridge Guide. <http://www.cypress.com/portal/server.pt>

The Design and Development of Touch Sensing Controller Based on PSoC

LIU Hui-ying, ZHANG Li-hong, JIANG Hao, LI Bin

(School of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, P. R. China)

[Abstract] A new type of Touch Sensing Controller with modern SoC (System on Chip) processor and control technology is developed. The flexible and efficiency of design method has been improved due to the special design of controller. The CSD (Capacitive Sensing using a Sigma-Delta) theory and real-time debugging technique has been used to improve the reliability of controller design. The application shows that this system runs stably and accurately. The technology and methods adopt in the system are practical and worthy of using abroad.

[Key words] PSoC CSD touch sensing controller