

文章编号:1007-2780(2014)03-0410-07

大尺寸红外触摸技术的驱动电路设计与分析

李小哲^{1,2}, 胡跃辉^{1,3}, 吕国强^{1,3*}, 于芳芳^{1,2}, 刘志民^{1,3}, 丁小宇^{1,3}

- (1. 特种显示技术教育部重点实验室, 特种显示技术国家工程实验室, 省部共建现代显示技术国家重点实验室培育基地, 合肥工业大学 光电技术研究院, 安徽 合肥 230009;
2. 合肥工业大学 仪器科学与光电工程学院, 安徽 合肥 230009;
3. 合肥工业大学 计算机与信息学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 为了设计大尺寸的红外触摸屏, 解决大尺寸情况下触摸信号弱的问题, 本文提出了一种适用于该触摸屏的驱动电路设计方案, 并对方案进行了系统的测试与分析。在电路设计中, 采用普通的中小功率管: 三极管、达林顿管、MOSFET 管等, 调整电路参数充分发挥管子的性能, 使电路的瞬态发射功率从传统的几百毫瓦提升到几千毫瓦。最后, 基于 PIC32MX440F256H 对实验方案进行了测试, 并与传统的驱动方法进行对比分析。实验结果表明, 红外发射传感器驱动电路的最高瞬态电流达到 500 mA, 功率达到 2 500 mW, 远远大于普通驱动电路 125 mA 的电流; 接收传感器驱动电路能够准确无误的接收每个发射传感器的光信号并完整输出相应的电信号。该方案能够有效的驱动大尺寸红外触摸屏, 提高了瞬态发射功率, 降低了整体功耗, 提升了系统信噪比。

关键词: 大尺寸; 多点触摸; 红外发射电路; 红外接收电路

中图分类号: TN27; TN702 **文献标识码:** A **doi:** 10. 3788/JYXS20142903. 0410

Design and analysis of infrared drive circuit for large-size infrared touch technology

LI Xiao-zhe^{1,2}, HU Yao-hui^{1,3}, LV Guo-qiang^{1,3*}, YU Fang-fang^{1,2}, LIU Zhi-min^{1,3}, DING Xiao-yu^{1,3}

- (1. Key Lab of Special Display Technology, Ministry of Education, National Engineering Lab of Special Display Technology, National Key Lab of Advanced Display Technology, Academy of Opto-Electronic Technology, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;
2. Department of Instrument Science and Opto-Electronic Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;
3. Department of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: In order to solve the weak signal on the large size touch screen and design a large size infrared touch screen, a driving circuit design proposal is proposed which is suitable for this kind of touch screen, and it is well tested and analyzed systematically. In the circuit design, common small and medium size power tubes, such as transistors, Darlington transistors, MOSFET transistors are used to adjust circuit parameters to maximize the performance of the tube, then the transmit power of the circuit transient increases from the traditional hundreds of milliwatts to several thousands of milliwatts.

收稿日期: 2013-10-22; **修订日期:** 2013-11-15.

基金项目: 国家 863 高技术计划资助项目 (No. 2012AA011901), 中航工业产学研专项 (No. CXY2011HFGD19)

* 通信联系人, E-mail: guoqianglv@hfut.edu.cn

Finally, based on the PIC32MX440F256H, the experimental design proposal was fully tested and the output results were compared with traditional driving circuit methods. The experimental results show that the maximum instantaneous current of infrared emission sensor driving circuit reaches up to 500 mA, and the instantaneous power is up to 2 500 mW, which is much larger than 125 mA of ordinary driving circuit. And the driving circuit of reception sensor can receive signal accurately from each emission sensor and output the corresponding electrical signal completely. The proposal can drive large-size infrared touch screen effectively, improve transient emission power, and reduce the overall power consumption, and also can improve the Signal to Noise Ratio (SNR).

Key words: large size; multi-touch; infrared transmitter circuit; infrared receiver circuit

1 引言

随着苹果公司的 iphone、ipad 等产品的普及,多点触摸逐渐成为人们日常生活中的“主角”,该技术在智能手机、电子数码产品、数字信息展示、便携式计算机以及工业控制台等信息技术领域发展迅速^[1-4]。目前,触摸屏主要分为两大类:基于计算机视觉技术与基于传感器技术^[5-6]。其中基于计算机视觉技术的触摸屏,一般成本较高,适用范围有限;而基于传感器技术的触摸屏应用领域较多,主要分为:电阻式触摸屏、电容式触摸屏、声波式触摸屏和红外式触摸屏^[7-8]。而红外触摸屏与其他触摸屏相比,具有成本低、透明度高、易于安装等特点,并且不怕电磁、电流、静电等干扰,能够正常工作于恶劣的环境条件,因此广泛应用在大尺寸的触摸屏中^[9-10]。但随着尺寸的增大、距离的变大,红外触摸存在驱动能力差、信号不稳定的问题,而这些问题将直接导致触摸点的计算不准确,严重影响触摸屏的精度。

本文设计了一种适用于大尺寸多点触摸系统的红外收发电路,使其能够提升瞬态发射功率,并降低总体功耗,结构简单、抗干扰能力强、易于实现。

2 实验原理

红外触摸屏由四周的触摸面板构成,触摸面板的下表面布满正交方向的红外发射及接收传感器,发射传感器与接收传感器在位置上一一对应。当有触摸物体出现时,阻挡了红外传感器的传播光线,接收传感器接收到的光信号通量减小,将该变化量送入单片机处理,从而判断出坐标点的位置。但随着触摸屏尺寸的加大,发射传感器的发

射距离加长,传统的红外传感器的驱动方法不能满足大尺寸的需求,出现了信号强度弱、触摸遮挡信号不明显等问题,从而导致触摸点识别错误,系统分辨率、精度不能达到要求。

为了解决上述问题,我们提出了一种新的适用于大尺寸红外触摸屏的硬件驱动方法,该方法能够有效地解决信号强度弱、坐标点识别不准确的问题,下面将详细叙述实验原理和方法。

2.1 红外发射电路的驱动原理

红外发射电路由选通信号、红外发射传感器(红外发射管)、达林顿管及一定阻值的电阻组成,如图1所示。其中,选通信号1和2由控制芯片提供,需满足一定的逻辑关系,其逻辑关系如表1所示。

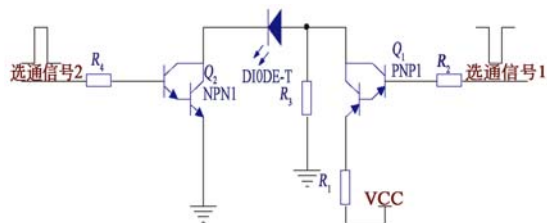


图1 红外发射传感器驱动电路

Fig. 1 Infrared emission sensor driver circuit

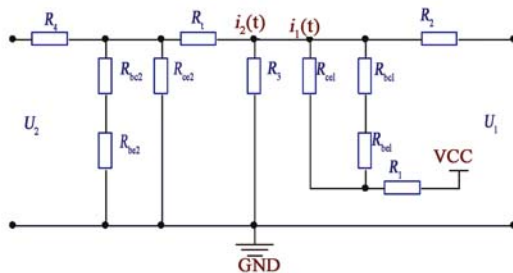


图2 红外发射传感器驱动电路等效电路图

Fig. 2 Equivalent circuit of infrared emission sensor driver circuit

表 1 发射电路选通信号与传感器导通关系

Tab. 1 Relationship between gating signal of transmission circuit and the state of sensor

选通 信号 1	选通 信号 2	传感器 正极	传感器 负极	传感器 导通状态
0	0	0	断路	不通
0	1	1	0	导通
1	0	0	断路	不通
1	1	0	0	不通

当选定红外发射传感器工作时,合理选择 R_2 与 R_1 的阻值使达林顿管 Q_1 与 Q_2 饱和导通,此时的等效电路如图 2 所示。在计算过程中,由于 U_1 与 U_2 所在支路电流极小可忽略不计,则选取 R_1 上的电流 $i_1(t)$ 和二极管等效电阻 R_T 上的电流 $i_2(t)$ 为状态变量,有:

$$\lambda_1(t) = i_1(t), \quad (1)$$

$$\lambda_2(t) = i_2(t), \quad (2)$$

$$v(t) = [i_1(t) - i_2(t)]R_3. \quad (3)$$

根据等效电路图 2 列出回路方程:

$$\begin{cases} r_{ce1} \frac{r_{bc1} + r_{be1}}{r_{bc1} + r_{be1} + r_{ce1}} i_1(t) + i_1(t)R_1 + [i_1(t) - i_2(t)]R_3 = V_{cc} \\ i_2(t)R_T + \frac{r_{bc2} + r_{be2}}{r_{bc2} + r_{be2} + r_{ce2}} i_2(t) - [i_1(t) - i_2(t)]R_3 = 0 \end{cases}. \quad (4)$$

省略状态变量函数中的符号 t , 整理得到:

$$\begin{cases} \left[\frac{r_{ce1}(r_{bc1} + r_{be1})}{r_{bc1} + r_{be1} + r_{ce1}} + R_1 + R_3 \right] \lambda_1 - R_3 \lambda_2 = V_{cc} \\ \left[R_T + \frac{r_{bc2} + r_{be2}}{r_{bc2} + r_{be2} + r_{ce2}} + R_3 \right] \lambda_2 - R_3 \lambda_1 = 0 \end{cases}. \quad (5)$$

表示成矩阵形式为:

$$\begin{bmatrix} \left[\frac{r_{ce1}(r_{bc1} + r_{be1})}{r_{bc1} + r_{be1} + r_{ce1}} + R_1 + R_3 \right] & -R_3 \\ -R_3 & \left[R_T + \frac{r_{bc2} + r_{be2}}{r_{bc2} + r_{be2} + r_{ce2}} + R_3 \right] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{cc} \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

输出电压表达式为

$$v(t) = [i_1(t) - i_2(t)]R_3. \quad (7)$$

用矩阵形式表示输出方程为

$$v(t) = [1 \ -1] \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} R_3. \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left[\frac{r_{ce1}(r_{bc1} + r_{be1})}{r_{bc1} + r_{be1} + r_{ce1}} + R_1 + R_3 \right] & -R_3 \\ -R_3 & \left[R_T + \frac{r_{bc2} + r_{be2}}{r_{bc2} + r_{be2} + r_{ce2}} + R_3 \right] \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} V_{cc} \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

电路中的达林顿管 Q_1 、 Q_2 为性能相同的 PNP 与 NPN 管,相对于三极管,达林顿管的驱动能力更强,极易达到饱和状态,基极流入电流小,增加芯片的带负载能力,而流过红外传感器的电流可通过改变电阻的阻值来控制,以达到需要的

发光强度。

电路中的 R_3 必不可少,它能够有效避免电路中的逻辑混乱。当达林顿管 Q_1 未导通时,红外传感器的正极通过 R_3 接地,若此处不存在 R_3 的支路,则传感器正极的状态不明确,无法肯定传

传感器的导通与否,而传感器的导通则直接影响接收传感器的信号,从而影响整个系统的准确性与稳定性。

2.2 红外接收电路的驱动原理

红外接收电路由选通信号、三极管、MOS-FET 管、红外接收传感器(红外接收管)及电阻构成,如图 3 所示。其中,选通信号 3 与 4 由控制芯片给出,使其满足一定的逻辑关系来控制红外传感器导通与否,其逻辑关系如表 2 所示。

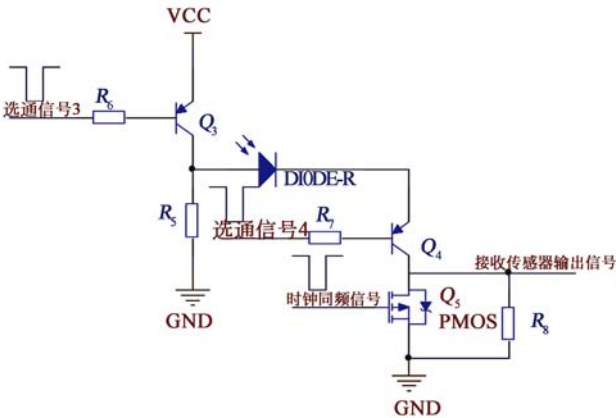


图 3 红外接收传感器驱动电路图
Fig. 3 IR receiver sensor driver circuit

表 2 接收电路选通信号与传感器导通关系

Tab. 2 Relationship between gating signal of receiver circuit and the state of sensor

选通 信号 3	选通 信号 4	传感器 正极	传感器 导通状态	是否有 信号
0	0	1	导通	有信号
0	1	1	导通	无信号
1	0	0	不通	无信号
1	1	0	不通	无信号

当电路处于工作状态即选通信号 3 与 4 均为低电平时,合理选择 R_6 与 R_7 的阻值,使 Q_3 、 Q_4 工作在饱和状态,同时考虑到芯片的带负载能力可适当加大 R_6 与 R_7 的阻值,但不能影响 Q_3 与 Q_4 的工作状态。此时,红外传感器正常工作,将接收到的光信号转变成电流信号输出。由于该信号强度较小,后续电路中应有适当的放大滤波处理。

PMOS 管 Q_5 的工作状态由一个与系统时钟

同频的信号控制,接收传感器正常工作时,PMOS 管处于截止状态,电流信号输出给下一级作放大处理;而在该控制信号的后半个周期, Q_5 处于开关导通状态,可将前半个周期的电流信号迅速与地短路。由于接收管输出信号为公共信号端,即图 3 中 Q_4 的集电极同时并联 n 个接收传感器的输出信号,因此此处的 Q_5 显得极为重要。在时钟的半个周期传感器正常工作,另半个周期利用 Q_5 将前一时刻的信号彻底“丢掉”,防止影响下一个接收器信号,提高了信号的完整度,尤其是微小信号,进而提高了信号的灵敏度。

当触摸屏工作时,发射电路与接收电路的选通信号按照一定的逻辑关系提供,保证发射传感器工作时,相对应的一个或多个接收传感器同时工作。无触摸点时,红外接收传感器接收到的光信号很强,转换的电流信号较大;当有触摸点出现时,传感器接收到的光信号较小,转换的电流信号就相应的减小,从而判断触摸点的位置。由于在硬件电路中的改进,使得红外发射传感器的发光强度得到了一定的提高,接收电路中由光信号转换的电流信号能够准确、没有重叠的传递,有效的解决了大尺寸情况下,红外发射传感器发光强度不高,接收传感器信号微弱识别困难的问题。

3 实验平台搭建

为了验证本文提出的驱动方法的可行性,我们基于 PIC32MX440F256H 搭建了多个红外触摸平台,控制芯片均为 LC4064V5TN100I 及 74 系列芯片等。触摸平台适用于 127 cm(16 : 9) LCD,横轴包含 216 对红外传感器,纵轴包含 124 对红外传感器,其中红外发射传感器选用深圳鑫永诚公司的 XYC-IRFI940AC-D4,接收传感器选用该公司的 XYC-PTFI940DC-A4。多个触摸平台的区别在于红外传感器的驱动方法不同,其中包括本文提出的驱动方法以及传统的普通的驱动方法。

实验中,红外传感器均采用脉冲式工作方式,工作波长为 940 nm。为了保证传感器工作正常,脉冲驱动电压占空比需小于等于百分之一。在红外发射电路中,选通信号 1 与 2 均由 74 系列芯片按照一定的逻辑提供,为了使达林顿管 Q_1 、 Q_2 均工作在饱和状态,配置电路(图 1)中电阻 R_1 阻值

为 $1\ \Omega$, R_2 阻值为 $6.2\ \text{k}\Omega$, R_3 阻值为 $1\ \text{k}\Omega$, R_4 阻值为 $6.2\ \text{k}\Omega$ 。红外接收电路中,选通信号 3 与 4 均由 CPLD 按照相应的逻辑提供,为了使三极管 Q_3 处于饱和态、MOSFET 管 Q_4 处于开关态配置电路中 R_5 阻值为 $2\ \text{k}\Omega$, R_6 阻值为 $4.7\ \text{k}\Omega$, R_7 阻值为 $2\ \text{k}\Omega$, R_8 阻值为 $51\ \Omega$ 。另外,整个触摸系统采用 USB 供电,供电电压为 $5\ \text{V}$,电流为 $500\ \text{mA}$ 。

4 实验结果与讨论

普通的驱动方法,如图 4~5 所示。图 4 为红外发射传感器驱动电路,其中 T_1 为 PNP 型三极管, T_2 为 NPN 型三极管;图 5 为其小信号 H 参数等效电路,由三极管放大电路的频率响应得到:

$$\begin{cases} i_b \times (R_2 + R_{be1}) + (\beta + 1) \times i_b \times R_1 = U_i \Rightarrow i_b = U_i / R_2 + R_{be1} + (\beta + 1) \times R_1 \\ U_o = i_c \times R_1 = \beta \times i_b \times R_1 \end{cases} \quad (10)$$

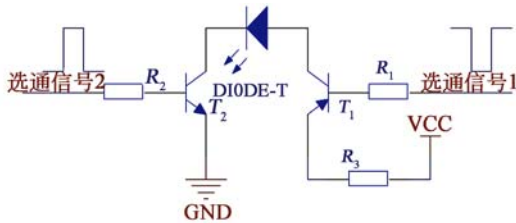


图 4 普通的红外发射传感器驱动电路

Fig. 4 Ordinary infrared emission drive circuit

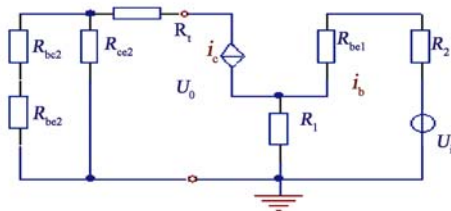


图 5 普通的红外发射传感器驱动电路等效电路

Fig. 5 Equivalent circuit of ordinary infrared emission drive circuit

针对本文提出的红外触摸屏的驱动方法与普通的驱动方法,分别进行了实验测试,并用示波器捕捉了信号波形。实验结果表明,普通的驱动方法三极管 T_1 处于放大状态, T_2 处于饱和状态。图 6 为未有遮挡的情况下红外接收传感器输出信号,其中每一个小尖冲代表一个传感器输出信号,从图中可看出,信号的幅度不等,有些幅值过小,表明传感器接收到的光信号不稳定,有些传感器未接收到信号。而本文所提出的驱动方法,达林顿管 Q_1 与 Q_2 的引脚信号波形图如图 7~图 8 所示,其中(a)为 Q_1 波形图,(b)为 Q_2 波形图,由图中可看出 Q_1 与 Q_2 的 3 个引脚分别为 $V_e > V_c >$

$V_b, V_b > V_c > V_e$,均工作在饱和态。图 9 为未有遮挡情况下红外接收传感器的输出信号,从图中可看出,信号幅值基本一致,表明传感器接收到的光信号稳定,系统工作正常。



图 6 普通驱动方法接收电路输出信号波形图

Fig. 6 Output single waveform of common driving method

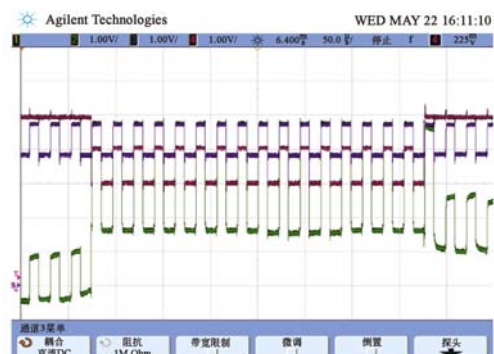


图 7 发射电路中达林顿管 Q_1 三个引脚信号波形图,其中绿色为基极,红色为集电极,紫色为发射极

Fig. 7 Waveform of Darlington transistor Q_1 , wherein the base electrode green, red for the collector, the emitter purple

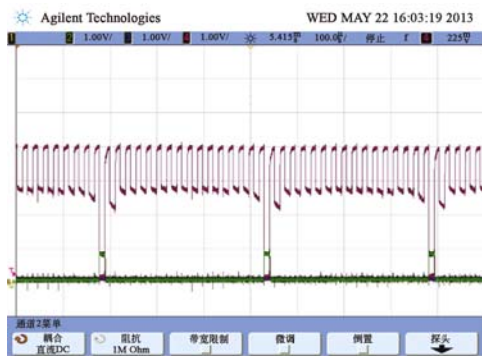


图8 发射电路中达林顿管 Q_2 三个引脚信号波形图, 其中绿色为基极, 红色为集电极, 紫色为发射极
Fig. 8 Waveform of Darlington transistor Q_2 , wherein the base electrode green, red for the collector, the emitter purple

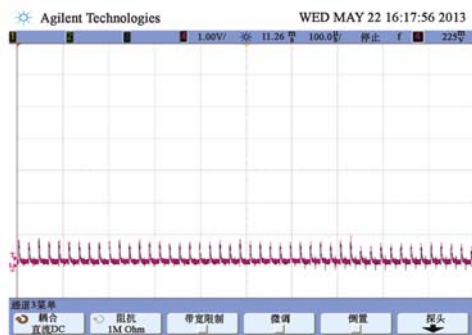


图9 本文所提驱动方法接收电路输出信号波形图
Fig. 9 Output single waveform of the driving method which propose in this article

由以上实验表明, 本文所提出的红外触摸屏的电路设计方法, 能够有效的驱动红外传感器, 尤其在大尺寸的情况下, 相较于普通的驱动方法, 红外发射传感器的发光强度更高, 发射距离更长, 接收传感器的信号更规整, 更能反映出触摸事件的发生与否。

5 结 论

在大尺寸的红外触摸中, 发射传感器需要的瞬态发射功率较大, 小信号状态很难满足设计要求, 传感器需工作在大信号状态, 因此对大尺寸触摸屏的信号进行大信号的分析必不可少。为满足系统整体功耗需求, 采用中小功率管实现大功率设计为本文设计的核心。最后, 以 PIC32MX-440F256H 为实验平台, 搭建了适用于 127 cm LCD 的红外触摸系统, 并对比传统的普通的驱动方法, 验证本文提出方法的可行性。实验结果表明, 本文所提出的电路设计方案能够有效的提高发射电路的瞬态功率: 瞬态电流达到 500 mA, 功率达到 2 500 mW, 发射距离长, 接收信号一致性好, 为实现大尺寸的红外多点触摸提供了保障。

参 考 文 献:

- [1] 李兵兵, 黄子强. 电容式多点触摸屏的器件设计及算法实现[J]. 液晶与显示, 2011, 26(2):216-219.
Li B B, Huang Z Q. Device design and algorithm implementation of capacitive multi-touch screen [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(2):216-219. (in Chinese)
- [2] 沈奕, 吕岳敏. 用于投射式电容触摸屏中的爬上搜索算法研究[J]. 液晶与显示, 2013, 28(1):82-86.
Shen Y, Lv Y M. Mountain-climb searching algorithm used in projective capacitive touch-screen [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(1):82-86. (in Chinese)
- [3] 李文生, 邓春健, 吕焱. 基于触摸显示屏的人机交互手势分析[J]. 液晶与显示, 2011, 26(2):194-199.
Li W S, Deng C J, Lv Y. Interaction gesture analysis based on touch screen [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(2):194-199. (in Chinese)
- [4] 杜德. 基于触摸屏的数码一体机人机界面设计与实现[J]. 液晶与显示, 2007, 22(2):217-221.
Du D. Design and realization of human-machine interface based on touching screen of duplicator stencil duplicator [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2007, 22(2):217-221. (in Chinese)
- [5] Siwei Z, Tingcun W, Bo L, et al. A touch sensor controller ic adopting differential measurement for projected

- capacitive touch panel systems [C]. 2012 *IEEE 12th International Conference on Computer and Information Technology (CIT)*, Chengdu, China, 2012: 477-481.
- [6] Wei Z, Liu W, He Q, *et al.* The design of infrared touch screen based on MCU [C]. 2011 *IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)*, Shenzhen, China, 2011: 485-489.
- [7] Yen L C, Chuan Y C, Wen Y L, *et al.* Developing ubiquitous multi-touch sensing and displaying systems with vision-based finger detection and event identification techniques [C]//2011 *IEEE 13th International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC)*, 2011: 898-903.
- [8] 孙杨, 张永栋, 朱燕林. 单层 ITO 多点电容触摸屏的设计[J]. *液晶与显示*, 2010, 25(4): 551-553.
Su Y, Zhang Y D, Zhu Y L. Design of single layer ito capacitive touch panel [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2010, 25(4): 551-553. (in Chinese)
- [9] Kyusam L, Kyung-Soo J, Chul-Sang J, *et al.* A fast and energy efficient single-chip touch controller for tablet touch applications [J]. *IEEE Journal of Display Technology*, 2013, 9(7): 520-526.
- [10] Chenchi L, Borkar M A, Redfern A J, *et al.* Compressive sensing for sparse touch detection on capacitive touch screens [J]. *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, 2012, 2(3): 639-648.

作者简介: 李小哲(1989—), 女, 辽宁昌图人, 硕士研究生, 主要从事成像与显示技术的研究。E-mail: lntllxz@163.com