

文章编号:1007-2780(2014)02-0202-05

具有无线电视接收的 LCoS 显示微系统设计与实现

范浩阳,孙祖军,张 晋,耿卫东*

(南开大学 光电子薄膜器件与技术研究所 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:本文基于硅芯片调谐器 XC3028 和视频处理器 SAA7111 设计了一种具有无线电视接收功能的 LCoS 头盔显示系统。该系统由无线电视接收电路、视频处理电路、音频处理电路和 LCoS 显示屏组成,在有/无外置视频输入源的情况下均可工作。首先,对系统的总体方案做了全面描述。然后,从硬件角度详细介绍了系统各部分功能和设计方案。最后,运用模块化设计方法完成系统软件设计。实验结果表明,整个系统设计合理、工作稳定、显示效果清晰。电路尺寸只有 46 mm×54 mm,总功耗仅为 1.9 W。该系统具备体积小、功耗低、结构简单等特点,在移动视频终端领域将有更广泛的使用价值和推广前景。

关键词:XC3028;SAA7111;LCoS;便携电视;显示系统

中图分类号:TN949.26 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20142902.0202

Design and implementation of LCoS microsystem with terrestrial TV receiver

FAN Hao-yang, SUN Zu-jun, ZHANG Jin, GENG Wei-dong*

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

Abstract: A LCoS head-mounted display system with terrestrial TV receive function based on silicon tuner XC3028 and video processor SAA7111 is designed in the paper. The system consists of terrestrial TV receiving circuit, video processing circuits, audio processing circuits and LCoS display. It can work properly with or without external video source. The overall design scheme of system is introduced in the first place. Then the functions and design schemes of various parts are presented from a hardware perspective. Finally, a modular design method is adopted to complete system software design. Experimental result shows that this system has features of rational design, stable operation and clear display effect. The circuit dimension is only 46 mm×54 mm and the power dissipation is 1.9 W. The system meets the requirements of compact size, low power dissipation, simple structure and has a promising market prospect in the field of mobile video terminals.

Key words: XC3028;SAA7111; LCoS; portable TV; display system

收稿日期:2013-09-17;修订日期:2013-10-12.

基金项目:国家青年科学基金项目(No. 61204028)

* 通信联系人, E-mail: gengwd@nankai.edu.cn

1 引言

随着科技的发展,云计算、物联网、虚拟化技术等等从根本上改变了人们工作、交流、娱乐的方式^[1-2],数字移动时代到来对信息接收的实时性提出了新的要求,与之相关的移动视频终端,成为了当前消费电子产品领域研究的热点^[3-4]。一方面,消费者喜欢小型手持电子产品,另一方面不喜欢只能显示小图像的小显示屏,头戴式可视设备(HMD)被认为可解决这一矛盾^[5]。HMD技术在图像尺寸、功耗和私密性方面具有优势,在军事、医疗、勘测和影音娱乐等领域具有良好的市场前景^[6-9]。但是当前的相关产品普遍存在成本高昂、便携性和兼容性不够等问题^[10],本文设计了一种基于硅芯片调谐器 XC3028、视频处理芯片 SAA7111 的 LCoS 头盔显示系统,可外接 CVBS 视频信号源,也可直接接收无线电视信号,支持 NTSC、PAL 和 SECAM 等无线电视信号标准。本文将无线电视接收功能导入到 LCoS 显示系统之中只是一种尝试,将来可在此基础上加入 GPS,甚至 LTE 等其他功能,使之实现一种强大智能移动终端的作用。

2 系统方案

系统可分为四个基本模块:无线电接收电路、视频信号处理电路、音频信号处理电路和 LCOS 显示屏。图 1 是 LCOS 头盔显示系统结构框图。

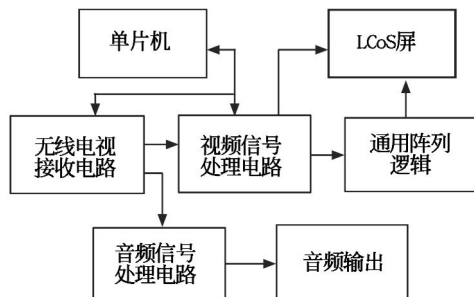


图 1 LCoS 头盔显示系统结构框图

Fig. 1 Block diagram of LCoS head-mounted display system

无线电视接收电路主要由无线信号接收天线、硅调谐器及其外围电路组成。无线信号由射

频天线接收后,通过硅调谐器进行处理,产生一路复合视频信号(CVBS)和一路第二伴音中频(2nd SIF)格式的音频信号分别送入视频信号和音频信号处理电路中。在视频信号处理电路中,视频信号通过视频处理器解码,产生 LCoS 屏所需的 RGB 格式的视频数据,同时输出经分离后的行场同步信号和时钟信号,后者经过通用阵列逻辑器件的进一步处理,产生 LCoS 显示屏所需的时序控制信号,驱动 LCoS 屏显示;音频信号处理电路将输入的 2nd SIF 音频信号进行限幅、鉴频、去加重,再由音频功率放大器放大,通过耳机输出。各个部分的工作状态和信号处理的整个过程都在单片机的控制下完成。

3 硬件电路设计

3.1 无线电视接收电路

硅调谐器选用 XCEIVE 公司的 XC3028 芯片。XC3028 是目前世界上最小的混合电视调谐器^[11],采用 48 脚 QFN 封装,支持 42-862 MHz 频带范围全球有线电视和地面广播电视信号的调谐,具备频道选择、解调功能,XC3028 的模拟部分与数字部分的工作电压分别为 3.3 V 和 1.8 V,平均功耗为 1.2 W。

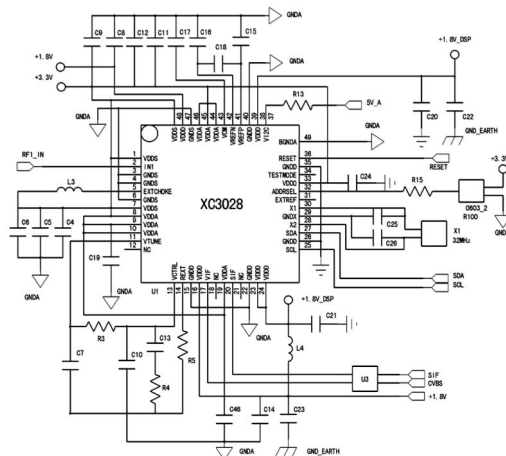


图 2 XC3028 外部电路原理图

Fig. 2 Schematic of XC3028 external circuit

图 2 是 XC3028 外部电路原理图,无线信号由射频天线接收,由引脚 IN1 输入到 XC3028 中,通过宽带调谐器、高速模数转换器,数字信号处理器,最后由两个数模转换器输出一路 CVBS 格式

的视频信号和一路第二伴音中频信号,这两路信号经过缓冲电路 U3 处理后分别输出到视频与音频处理电路之中。单片机通过 I2C 总线 SCL 和 SDA 对 XC3028 进行控制,XC3028 有四组可供选择的 I2C 读写地址,通过接到 ADDRSEL 引脚的电压值确定,这个电压与 VDDO 引脚电压进行比较,当电压分别为 VDDO、三分之一 VDDO、三分之二 VDDO 和 0V 时,分别对应一组读写地址。本设计中 R100 用区分 ADDRSEL 引脚为 0 或 VDDO 两种情况,当选择 VDDO 时,XC3028 的读写地址分别为 C2H,C3H。

3.2 视频处理电路

视频处理芯片采用 Philips 公司的可编程视频处理芯片 SAA7111。SAA7111 可以处理 PAL/NTSC 制式的视频信号,直接接受 CVBS 或 Y/C 信号,在内部对信号进行解码和 A/D 变换,输出 YUV 或 RGB 格式的视频信号和经分离后的同步信号。

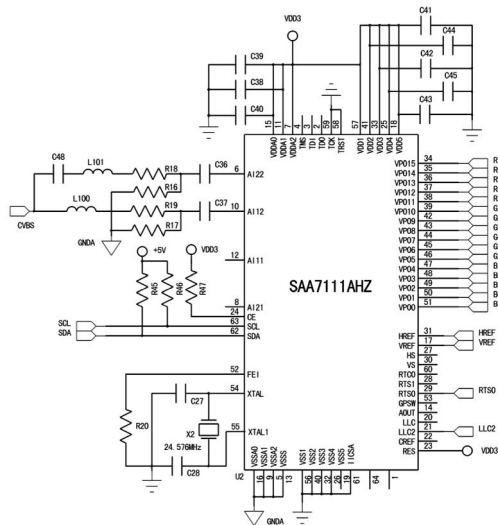


图 3 SAA7111 外部电路原理图

Fig. 3 Schematic of SAA7111 external circuit

图 3 是 SAA7111 外部电路原理图,输入的 CVBS 格式视频信号由 A12 引脚输入到 SAA7111 中,经过内部的模数转换电路和同步分离电路产生 RGB 格式的 16 位视频数据信号和经分离后的行场同步信号 HS、VS 与时钟信号 LLC2,前者由 16 位的 VPO 端口直接输出到 LCoS 屏,后者经过通用阵列逻辑的进一步处理产生满足 LCoS 屏要求的时序信号。单片机通过 I2C 总线 SCL 和 SDA 对 SAA7111 进行控制,

IICSA 引脚为芯片的 I2C 总线地址选择引脚,本设计做接地处理,此时芯片的总线写地址为 48H,读地址为 49H。

3.3 音频处理电路

音频信号处理电路的 SIF 信号处理 IC 采用瑞萨科技公司的 M61101FP, M61101FP 在同类产品中尺寸最小,采用 5 mm 四方 28 脚 QFN 封装。采用 3.3 V 供电,拥有业界最低的 150 mW 功率。该芯片的音频输出幅度为 1.0 V_{p-p},音频信噪比为 45 dB,可实现 SIF 信号的带通滤波功能。

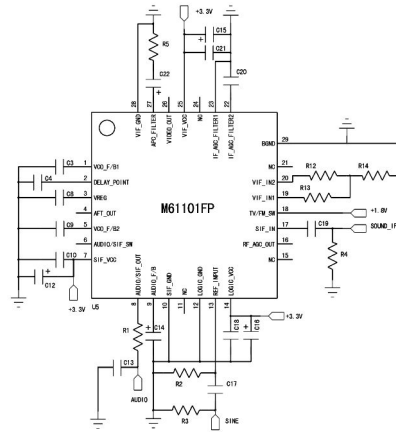


图 4 M61101FP 外部电路原理图

Fig. 4 Schematic of M61101FP external circuit

M61101FP 外部电路原理图如图 4 所示,前端 XC3028 输入的 SIF 格式音频信号经缓冲器处理后由 M61101FP 的 SIF_in 引脚输入,芯片的输出模式选择引脚 Audio/SIF_SW 悬空,输入信号经过芯片内部的 SIF 自动增益控制电路、带通滤波器、限幅放大器、鉴频器以及音频放大器,由 Audio/SIF_out 引脚输出基带 Audio 信号,最后通过音频功率放大器 LM4808 后由耳机输出。

4 软件设计

本系统的软件设计采用模块化的设计方法,主要包括无线电视信号接收部分软件设计和视频处理部分软件设计。前者完成对无线电视信号接收制式、频率、频道等参数的设定,后者完成对视频信号输入端口的选择,图像亮度、色度、饱和度等参数的设定以及输出图像数据信号格式的设置。

XC3028 内部的嵌入式控制器存储了 6 种基础固件和 42 种特定固件,用以支持不同视频制式标准。前者包含了不同类别标准制式的基本功能信息,后者包含了每一种标准制式的具体参数。XC3028 上电后首先进行硬件复位和固件加载,然后将读取内部的 PRODUCT_ID 寄存器,如返回值为 0x0BD4,则表明固件加载成功。固件加载完成后,利用所提供的库文件对无线电视信号的接收频率和接收频道等参数进行设置。软件设计的任务就是在初始化以后,提供一组默认工作模式,并提供用户对参数进行修改的操作界面。图 5 是 XC3028 控制软件流程图,初始化完成后,将默认的参数写入配置寄存器,XC3028 按默认的模式工作,并侦测用户修改制式的指令,当探测到修改指令,则进入用户修改程序,最后重新写配置寄存器。

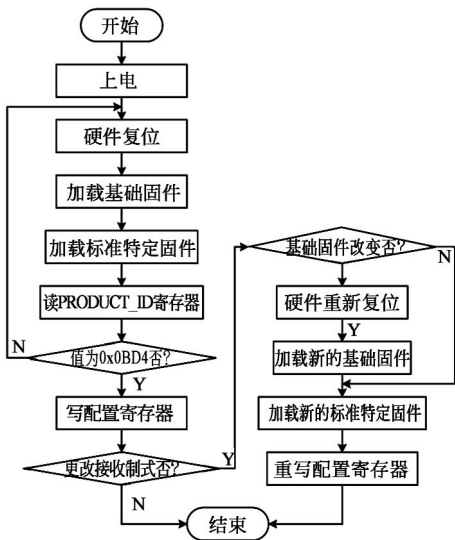


图 5 XC3028 工作流程图

Fig. 5 Work flow chart of XC3028

SAA7111 功能的实现通过配置其内部寄存器实现。SAA7111 内部有 32 个寄存器,可分 3 类:子地址为 01H,0FH,14H,18~19H 以及 1DH~1EH 的 7 个寄存器为保留状态,用于后续功能的扩展;子地址为 1AH~1CH 以及 1FH 的 4 个寄存器为只读寄存器,可用于检测芯片工作状态;其余寄存器为可读写寄存器,用于控制 SAA7111 工作模式。本文设定为一 路模拟视频信号输入、自动增益控制、625 行 50 Hz 的 PAL 制式、RGB565 格式输出,寄存器初始化值如表 1 所示。

表 1 SAA7111 寄存器初始化值

Tab. 1 Initialization value of SAA7111 registers

	子地址		数据		子地址		数据		子地址		数据
	02H	C1H			06H	EBH			09H	01H	
模拟输入 前端控制	03H	33H	同步信号 控制		07H	E0H	亮度控制		0AH	8AH	
	04H	00H			08H	88H			0BH	5AH	
	05H	00H									
色度控制	0CH	50H	输出控制		10H	08H	输出控制		15H	00H	
	0DH	00H			11H	0CH			16H	00H	
	0EH	01H			12H	01H			17H	00H	
					13H	00H					

图 6 为系统软件流程图,系统上电后首先对 XC3028 和 SAA7111 进行初始化,选择一种初始工作模式,当需要改变视频信号接收设置或输出效果时,开启中断 0 或中断 1,单片机重新配置 XC3028 或 SAA7111,系统进入下一个工作模式。用户可通过控制电路板上的按键进入中断,进入中断 0 可更改接收制式、频率或频道,进入中断 1 可更改图像色度、亮度或饱和度,中断的设置保证单片机实时对系统的工作模式进行控制。

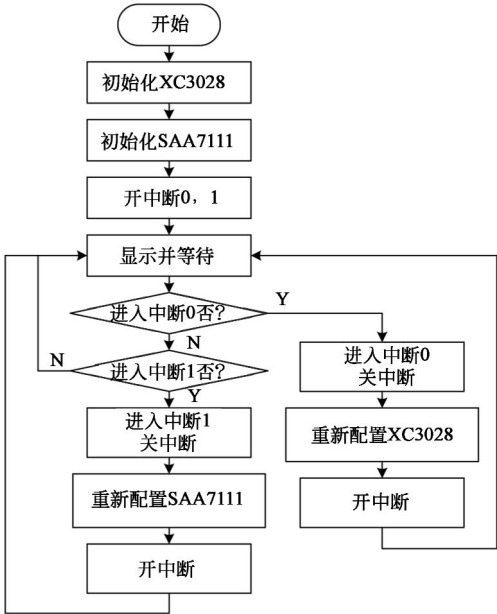


图 6 系统软件流程图

Fig. 6 Software flow chart of system

5 实验结果

图 7(a)是显示系统的实物照片,本文设计的实验系统分为两块电路板,图 7(a)中上面的电路板是电源电路,可为显示系统提供稳定的 1.8 V, 3.3 V, 5 V 和 13.5 V 电压,下面的电路板是显示

控制电路,位于电路板下方 QFN 封装的芯片就是 XC3028,整个显示控制电路 PCB 面积仅为 $46\text{ mm} \times 54\text{ mm}$ 。图 7(b)是显示效果图,分别进

行了视频信号、同步信号和单片机控制信号的测试,满足设计要求。

6 结论

本文设计并实现了具有无线电视接收功能的 LCoS 头盔显示系统。实验结果表明,整个系统设计合理、工作稳定、显示效果清晰。系统使用 QFN 封装的 XC3028 作为调谐器, LQPF 封装的 SAA7111 作为视频处理器,整个电路尺寸只有 $46\text{ mm} \times 54\text{ mm}$,总功耗仅为 1.9 W 。软件设计采用模块化的设计方法,整体架构清晰,便于后期调试。随着数字移动技术的发展,该系统将具有更广泛的使用价值和推广前景。

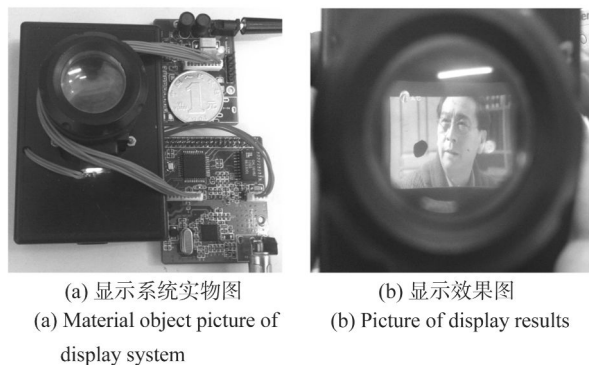


图 7 实验结果

Fig. 7 Experimental results

参 考 文 献:

- [1] 林军. 云计算物联网应用研究[J]. 电子世界, 2013(9):1-2.
Lin J. Research on cloud computing and internet of things [J]. *Electronics World*, 2013(9):1-2. (in Chinese)
- [2] 朱永庆, 邹洁. 网络虚拟化技术在云计算领域应用探讨[J]. 电信科学, 2011, (10):41-45.
Zhu Y Q, Zou J. Discussion of the appliance of network virtualization in cloud computing [J]. *Telecommunications science*, 2011, (10):41-45. (in Chinese)
- [3] 吕耀文, 王建立, 曹景太, 等. 移动便携图像存储系统的设计[J]. 液晶与显示, 2012, 27(5):697-702.
Lv Y W, Wang J L, Cao J T, et al. Design of portable image storage system [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(5): 697-702. (in Chinese)
- [4] 樊隽, 陈妮妮. 浅谈移动视频发展现状与趋势[J]. 价值功能, 2013(22):250-251.
Fan X, Chen N N. Development status and trends of mobile video [J]. *Value Engineering*, 2013(22):250-251. (in Chinese)
- [5] 郭功剑. 数字头盔显示及其关键技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
Guo G J. Digital head-mounted and research on its critical technology [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2010. (in Chinese)
- [6] 冉峰, 何林奇, 季渊. 无线 OLED 微显示器系统的设计与实现[J]. 液晶与显示, 2012, 27(5):633-637.
Ran F, He L Q, Ji Y. Design and implementation of wireless OLED microdisplay system [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(5): 633-637. (in Chinese)
- [7] 陈翠莹, 吴迪, 刘必涛, 等. LCoS 微型显示器接口电路设计[J]. 液晶与显示, 2011, 26(2):210-215.
Chen C Y, Wu D, Liu B T, et al. Interface circuit design of LCoS microdisplay [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(2): 210-215. (in Chinese)
- [8] 吴卫玲. 头盔显示器的技术发展综述[J]. 科技信息, 2010(33): 52, 61.
Wu W L. Development summary of HMD technology [J]. *Science & Technology Information*, 2010(33): 52, 61. (in Chinese)
- [9] Tano S, Suzuki K, Miki K, et al. Simple augmented reality system for 3D ultrasonic image by see-through HMD and single camera and marker combination [C]// *Biomedical and Health Informatics (BHI)*, 2012 IEEE-EMBS International Conference on, Hong Kong, China: IEEE, 2012: 464-467.
- [10] Wu W L, Sun J L. Research on the orientation method of HMD based on image processing [C]// *Intelligent Control and Automation (WCICA)*, 2012 10th World Congress on, Beijing, China: IEEE, 2012: 4160-4162.
- [11] 张友林. 数字电视相框的设计[J]. 电子技术, 2008(4):11-13.
Zhang Y L. The design of digital video frame [J]. *Electronic Technology*, 2008(4): 11-13. (in Chinese)

作者简介: 范浩阳(1987—), 男, 河北承德人, 硕士研究生, 研究方向为集成电路设计。E-mail: conester@163.com