

文章编号:1007-2780(2011)04-0516-07

航测相机人机交互系统的设计与实现

修吉宏¹,李 军^{1,2},黄 浦¹
(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130033,E-mail:xiujihong0809@yahoo.com.cn;
2. 中国科学院 研究生院,北京 100039)

摘 要:采用内置微控制器的液晶显示模块及机械触点式金属键盘,设计了一种航测相机的人机交互系统。系统采用 DSP 和 FPGA 协同控制的模式,实现了同液晶显示模块及键盘的软、硬件接口设计。详细描述了系统任务要求、软硬件设计思路及在设计过程中着重考虑的问题。针对液晶屏“雪花”现象产生的原因进行了分析并提出了相应的解决方案,介绍了使用自定义字库进行相机工作信息显示的方法。地面试验及飞行试验表明:系统工作可靠,可视性和可操作性强,满足系统使用要求,为人机交互系统的设计提供了可借鉴的方案。

关 键 词: 航测相机; 人机交互系统; RA8835; FPGA; TMS320F2812

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20112604.0516

Design and Realization of Man-Machine Interactive System for Aerial Mapping Camera

XIU Ji-hong¹, LI Jun^{1,2}, HUANG Pu¹
(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China, E-mail: xiujihong0809@yahoo.com.cn;
2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Using LCD module embedded microcontroller and mechanically contacted metal keyboard, a kind of man-machine interactive system for aerial mapping camera was designed. Based on the mode of DSP cooperating with FPGA, the interfaces of hardware and software are realized for LCD module and keyboard. The task requirement, the construction thought and the questions considered emphatically are described in detail. The cause that ‘snow’ phenomena of LCD is analyzed and the resolution is presented. Furthermore, the design of custom character library is introduced. The experiments on ground and in air show that the system is reliable, and its visibility and operability are satisfying. The requirements for system are achieved, and it provides a kind of referenced design concept for other man-machine interactive system.

Key words: aerial mapping camera; man-machine interactive system; RA8835 controller; FPGA; TMS320F2812

1 引 言

航空测绘是对自然地理要素或者地表人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等进行测定、采集、表述以及对获取的数据、信息、成果进行处理的活动^[1]。航测相机是进行国土资源探测与遥感的主要成像设备,测绘数据的获取一般均通过航测相机完成。航测相机一般装载于有人运输机上,在航拍时,由操作者人工输入控制指令及工作参数控制相机对地面成像。为了使操作者实时了解相机指令响应情况及当前工作状态,需通过显示设备实时动态地显示相机当前工作情况。操作者与相机之间的这种信息传递与反馈、配合与结合,称之为人机交互。这种人机交互过程,直接决定着航测相机能否顺利完成成像任务。因此,人机交互系统的设计是航空测绘相机研发过程中的重要环节。

本文采用内置微控制器的液晶显示模块及机械触点式金属键盘,设计了一种航测相机的人机交互系统。首先描述了该系统设计的总体架构和设计思想,并阐述了基于 DSP 及 FPGA 进行联合控制的软、硬件设计过程,最终对设计过程中关键问题的解决方法进行了简要论述。该人机交互系统在实际应用过程中,操作方便、可靠,操作界面友好、直观,配合航测相机已完成了多次试飞验证任务。

2 人机交互系统的总体架构

2.1 系统任务

图 1 为某型航测相机组成框图。相机主要由主控制器、快门控制系统、像移补偿控制系统、图像存储器及 CCD 探测器等部分组成,在相机工作过程中相互配合完成调光、像移补偿、图像存储等工作任务,其中主控制器承担着数据采集、实时控制、分析计算等工作任务,相机操作者与相机之间的人机交互即通过该系统完成,由于人机交互功能的设计同主控制器其他功能相对独立,因此其完成人机交互功能的部分在此被称为人机交互系统。

相机人机交互系统的任务主要包括在相机拍照前设置相应的工作参数,同时实时反馈相机工作过程中的状态信息,详细内容如表 1 所示。

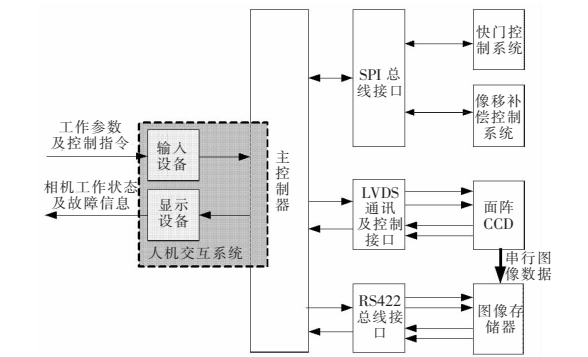


图 1 航测相机组成框图
Fig. 1 Block diagram of aerial mapping camera

表 1 人机交互系统传递的数据信息内容及其任务要求

Table 1 Interactive information and requirement for Man-machine Interactive System		
工作参数或指令名称		任 务 要 求
工作参数	工作方式	可输入相应数值并显示具体含义。
	飞行速度	可输入飞行速度值并显示输入的数据,超出范围应提示操作者。
	飞行高度	可输入飞行高度值并显示输入的数据,超出范围应提示操作者。
	重叠率	可输入重叠率信息并显示输入的数据,在外触发工作模式下应设置为不可输入。
	曝光时间	0~6 档可选,可输入相应档位并显示具体含义。
控制指令	输入开始	显示“可输入参数”状态,并设置允许输入数据。
	输入结束	显示“准备好”状态,并设置禁止输入数据
	自检	显示“自检”状态,提示操作者相机正在自检。
	拍照开始	显示“拍照”状态。提示操作者相机正在拍照。
	拍照结束	显示“等待”状态,提示操作者可输入新的工作参数。
返回 状态信息	工作状态	根据工作状态寄存器更新工作状态区域显示内容。
	剩余存储帧数	根据当前剩余存储帧数实时更新
	故障信息	依据故障代码表显示相应故障及其代码。

2.2 系统组成

由于人机交互系统需完成数据输入及状态显示两部分工作,因此采用键盘加液晶显示模块的组合模式完成其人机交互功能。相机工作时虽然装载于有人机舱内,但考虑到其在外场装机过程中的恶劣环境,在器件选用过程中应充分考虑环境因素。

由于主控制器除需完成人机交互功能,还需完成同其他分系统的通讯及控制等多项任务,为简化系统硬件设计,应尽量避免进行外部资源扩展,为此应选用内部资源丰富的 CPU,同时综合考虑主控系统的工作频率要求、内部工作参数运算的简便性及通讯接口方式等因素,最终选用 TI 公司 2000 系列中的 TMS320F2812 作为核心处理器。F2812 属于 32 位的定点 DSP,最高速度可达 150 MIPS,并具有改进的通讯接口,可满足主控制器同外部系统进行多种类型串行通信的要求,同时由于其具有丰富的 I/O 资源及定时/计数器、指令执行速度快,可满足主控制器对外部系统进行采集与控制及计算方面的各种要求。

液晶显示电路采用 JRD320240B 型 LCD 液晶显示模块, JRD320240B 为 320 × 240 点阵 LCD,该模块内置 RA8835 控制器,主要由 LED 背光、RA8835 控制器、64 kbyte 显示 RAM、驱动单元及液晶板等部分组成,并具有温度补偿功能,对环境的适应性强。内部具有功能较强的指令集,与微控制器的数据接口采用 8 位并行接口方式。

键盘选用定制的 4 × 6 结构矩阵式金属键盘,金属键盘属于机械式键盘,其操控舒适,手感明显,同时金属键盘具有防水、防尘、抗振等特点,在恶劣环境下工作可靠。

由于键盘及液晶显示控制器均属慢速设备,为避免同其接口过多占用 F2812 运行时间,另外考虑到系统内部需要进行逻辑功能的设计,因此选择可编程的逻辑器件辅助 F2812 来完成对键盘和液晶显示控制器的控制任务。综合考虑系统内部逻辑功能所需的逻辑单元,在留有一定余量的情况下,最终选择 Altera 公司的 Cyclone 系列的 EP1C6Q240I7 芯片,其内部包含 5980 个 LE 单元,最大用户 I/O 口为 185 个,可满足系统设计要求。

3 人机交互系统的硬件设计

根据系统任务要求及最终选定的硬件芯片,人机交互系统的硬件设计原理图如图 2 所示。

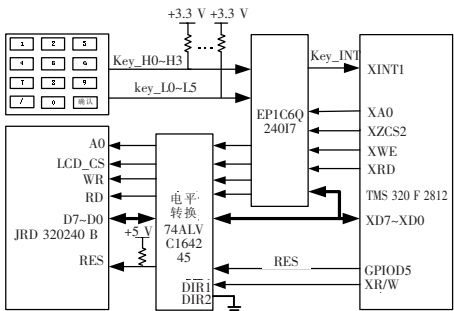


图 2 人机交互系统原理框图

Fig. 2 Functional block diagram of man-machine interactive system

3.1 液晶显示控制接口

在液晶显示接口的设计过程中,主要考虑两个方面的内容:电平兼容性问题及接口速度的匹配问题。液晶控制器 JRD320240B 采用 5 V TTL 电平标准,其规定的最高输出电平为 5 V;而 F2812 的 I/O 口采用 3.3 V 的 CMOS 电平标准,可承受的最高输入电平为 3.3 V。因此,从液晶控制器输入给 F2812 的信号需经过电平转换^[2]。由于数据总线为双向流向,因此需进行电平转换处理,二者之间其他接口信号均为从 F2812 到液晶控制器的控制信号,不需进行电平转换,但应考虑信号的驱动能力问题^[3]。系统中采用的 FPGA 器件 EP1C6Q240I7 的驱动能力强,可用于增强 F2812 输出控制信号的驱动能力,但该器件可承受的最高输入电压为 3.3 V,不能完成 5 V 与 3.3 V 之间的电平转换,因此系统中采用 74ALVC164245 完成数据线间的电平转换和信号驱动,由 F2812 的 XR/W 信号实现 74ALVC164245 数据流向的控制。此外考虑到 F2812 指令执行速度快,而液晶控制器属于慢速设备,二者之间存在接口速度匹配问题,使用 FPGA 作为液晶控制器和 F2812 之间的接口缓冲,在 F2812 程序设计中考虑加入等待延时,如仍不能满足系统接口要求,可在 FPGA 中将 F2812 输出的控制信号进行逻辑延时后输出,从而实现二者之间接口的速度匹配问题。图中 WR 为写选通信号;RD 为读选通信号;LCD_CS 为器件选通信号,由 F2812 的 ZONE2 使能信号和地址信号 XA15 经 FPGA 译码输出进行控制,其片选地址为 0x88000;RES 为复位信号,其周期至少为 1 ms,由 F2812 的 GPIOD5 引脚控制,为保证复位的可靠性,在液晶控制器端加入上拉电

阻;A0 决定是数据还是指令,由地址线 XA0 通过 FPGA 进行延时缓冲后输出。

3.2 矩阵式键盘接口

定制的开关式金属键盘为 4×6 的行列结构, 占用 10 根 I/O 口线。一般键盘接口设计均需考虑键盘消抖,通过示波器测量发现,该金属键盘无机械抖动现象发生,但为避免在工作过程中的电磁感应干扰和静电感应干扰,仍增加了键盘消抖功能。根据经验值,按键抖动时间一般为 10~20 ms。传统键盘消抖方法一般采用在 CPU 程序中延时等待或中断定时后,再次判断引脚状态的方式。若由键盘抖动导致引脚状态变化,其“按下”状态保持时间短,则延时后再次判断该引脚状态即可识别是否为真正的按键请求。采用程序延时的方式会过多占用 CPU 程序执行时间,不利于其他任务功能的执行,而中断定时的方式不但占用 CPU 定时器,而且使程序设计更加复杂化,考虑到以上问题,系统采用 FPGA 完成键盘接口部

分的设计工作,故键盘在硬件设计上同 FPGA 接口。

FPGA 中关于键盘接口的顶层设计原理图如图 3 所示,其内部模块采用 VHDL 语言编写,主要由键盘时钟产生模块、键盘消抖模块、键盘扫描模块、键盘译码模块及按键锁定模块等 5 部分组成^[4]。键盘时钟模块主要用于产生扫描时钟(25 Hz)和消抖时钟(225 Hz);键盘消抖模块通过 D 触发器及微分电路实现了只有按键时间超过 3 个消抖时钟上升沿才认可为有效的按键输入设计;键盘扫描模块用于提供 Key_H0~H3 的键盘扫描信号;键盘译码模块根据键盘排布确定所按下键的具体含义并输出低电平脉冲信号,通知 F2812 读取键值,为简化 F2812 读取键值时的程序设计,其输出键值根据按键类型进行了键码的分类,功能键、指令键及数字键的高 4 位键值分别为 04H、0CH 和 00H;键盘锁定模块用于在 F2812 读取键值之前保持译码键值。

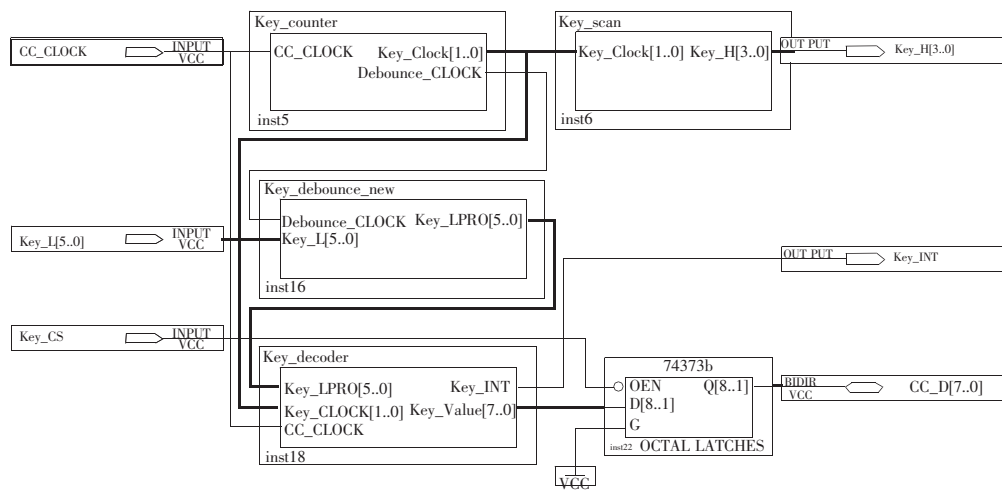


图 3 FPGA 实现的键盘接口顶层逻辑图

Fig. 3 Top-level logic diagram of keyboard interface using FPGA

键盘接口设计在 Quartus II 7.0 软件下的仿真波形如图 4 所示。由图中可以看出,只有按键保持时间超过 13 ms 才可被响应,输出键盘中断

信号,另外,对按键保持时间满足要求,但键码输入不正确的仍不会被响应,仿真波形表明,键盘部分的接口设计满足系统要求。

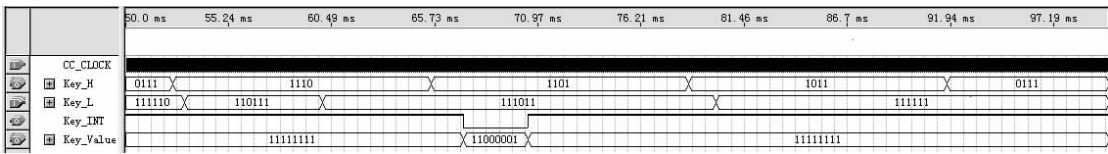


图 4 FPGA 中键盘接口仿真波形图

Fig. 4 Simulation waveform about keyboard interface in FPGA

4 人机交互系统的软件设计

4.1 键盘接口软件设计

由于系统同键盘接口部分的设计主要通过 FPGA 实现,因此,F2812 中关于键盘接口部分的软件设计内容主要是键值读取中断程序,其软件

设计流程图如图 5 所示。考虑到中断程序的执行时间应尽可能短,以免影响对其他中断程序的响应,因此键盘中断程序中主要进行键值类别的判别,根据键值类别设置相应的按键标志,并将键值内容写入相应的寄存器中,并未执行详细按键内容,而是在其他主程序中通过键盘中断程序中设

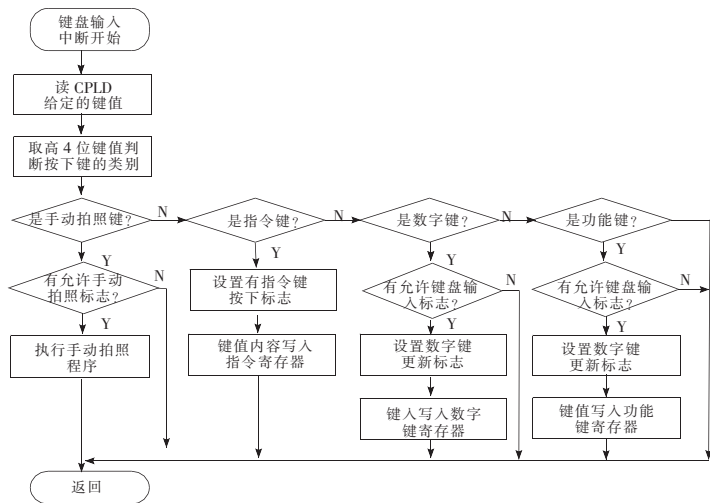


图 5 键值读取程序流程图

Fig. 5 Flow chart of reading key value program

置的按键标志及按键内容来执行相应的动作。

4.2 液晶显示接口软件设计

液晶显示模块中内嵌的 RA8835 液晶控制器软件功能非常强,内嵌 13 条指令且多数指令都带有若干个参数,可灵活配置以达到要求的显示特征。液晶显示功能模块的任务主要包括两方面:实时显示键盘输入内容、实时更新相机内部各系统工作状态及故障信息。在软件设计过程中,根据上述任务要求,将各个内嵌指令进行组合后封装为液晶屏初始化、读液晶显示工作参数、更新工作状态、更新故障信息等多个自定义函数。

在系统设计时,F2812 采用的时钟为 29.491 2 MHz。同外部设备接口时,其控制信号的建立和保持时间最快可达到 6.68 ns。而 JRD320240B 读写脉冲宽度要求至少达到 120 ns。如果 F2812 使用最快的信号时间设置,则 F2812 同 JRD320240B 之间的接口很难保持同步^[5],从而造成读写数据失败。

在进行液晶控制器接口的硬件设计时,已经充分考虑到快慢速接口的匹配问题,提出两种解决方法:通过软件设置增加 F2812 等待时间的方式或采用 FPGA 逻辑编程的方式延长控制信号

的建立和保持时间。考虑到设计的难易程度及调试的方便性,首先选择设置 F2812 内部寄存器增加信号等待周期的方式。F2812 同液晶控制器接口的 ZONE2 的设置方式见表 2,最终实现读写脉冲宽度达到 190 ns,片选时间达到 352 ns,其他数据的时序时间也可以满足液晶控制器的时序要求。

表 2 F2812 中相关接口寄存器的设置

Table 2 Arrangement of relevant interface register in F2812

寄存器名称	相关寄存器位	内容设置
XINTCNF2	XTIMCLK	1
	CLKMODE	1
XTIMING2	XWRLEAD	3
	XWRACTIVE	7
	XWRTRIAL	3
	XRDLEAD	3
	XRDACTIVE	7
	XRDTRIAL	3
	X2TIMING	1
	USEREADY	0

此外，在程序设计过程中主要考虑了以下几点：

(1)液晶显示设备属慢速设备，因此，将液晶显示部分的程序放入主程序中顺序执行，避免影响程序中断程序的执行；

(2)频繁更新液晶屏的显示内容会导致液晶显示内容闪烁，因此程序设计中设置了各类显示内容的更新标志，只有该部分内容更新才执行显示程序；

(3)RA8835 中内嵌指令设置了光标自动移动功能，每次写数据命令执行完毕，将根据光标移动方向参数设置自动修改光标位置。但在本系统中可输入的数据区域并不连续，光标自动移动功能可能会导致光标移动到不可输入数据区。因此，在软件设计时，将可输入数据区的地址写入数组，每次写入数据后，调用光标设置命令，将光标移动到可输入数据区位置。

(4)避免某些区域写入数据字节数不固定，而导致新输入数据不能完全覆盖旧内容的情况出现，在这些区域每次写入数据前应进行清屏操作。

5 其他相关问题

5.1 液晶屏“雪花”问题

在调试过程中发现，当相机上电后，有时液晶屏幕会出现大量的“雪花”，无法正常显示。

根据 RA8835 数据手册，RA8835 可实时接收 CPU 发送的数据或指令并在内部时序控制下及时响应。但当 RA8835 处于内部数据读写周期时，CPU 向 RA8835 发送的写或读数据命令会中断读写数据的操作，从而在显示屏上出现“雪花”。如果仅几次操作，中断在瞬间出现，由于视觉暂留效应而看不出“雪花”，此时 CPU 对 RA8835 的访问并无特殊限制条件。但当大量的数据被传送时，“雪花”对显示的影响将不可忽略。

为避免 CPU 的操作对显示造成影响，应在读写数据之前查询 RA8835 提供的“忙”标志 BF。BF 为 1 表示 RA8835 正在向显示模块传送有效数据，此时 RA8835 响应 CPU 对显示存储器的访问将会影响显示效果，只是根据 CPU 访问的频率决定影响显示的强弱。BF 为 0 表示 RA8835 内部处于一行有效显示数据传送完成到下一行传送开始之间的间歇，此时 RA8835 接收 CPU 对显示存储器的访问不会影响显示效果。

在 F2812 每次向 RA8835 发送或写数据命令时，首先应判断液晶控制器是否处于“忙”状态，待 BF 为 0 时再发送指令。按此修改后，“雪花”现象消失。

5.2 系统字库的设计

JRD320240B 中包含 160 种 5×7 像素的用户字库，但字库中并不包含系统任务要求显示的全部字符，且其字符尺寸小，在实际工作中不便于操作者观察，因此必须采用自定义字库的方式生成系统字库。根据任务要求，需显示的字符共 150 种(汉字占用 2 个字符)，而液晶控制器中分配的自定义字符库的数据区仅能写入 64 种字符代码，无法完成任务要求的全部字库的写入。考虑到液晶控制器内嵌的数据字库中并未使用，因此，系统设计过程中可同时占用内嵌字库和自定义字库的字符代码，其 CGRAM 字库的起始地址为 0xF000。

通过字模软件生成自定义字库数组后，将其定义为常数数组写入 F2812 的 FLASHE 存储区中，在上电初始化时，首先调用写 CGRAM 命令将字库数组写入从 F000 开始的字库存储区中，在相机工作过程中通过写相应字符代码的方式即可在液晶屏上显示相应的汉字。

6 实验结果

图 7 为人机交互系统实物图，其中左上角图片为相机人机交互系统的整体布局图。为符合人员的操作习惯，将键盘放在液晶显示屏的并行右侧，在操控时，根据液晶屏上反馈的显示状态，确定下一步将发出的控制指令或工作参数。右上角为相机自检过程中人机交互系统工作状态图，左下角为出现故障时液晶屏显示图，右下角为键盘实物图。

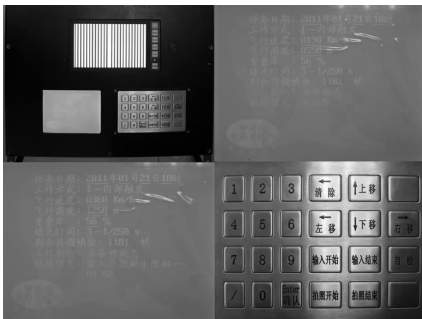


图 7 相机人机交互系统实物图

Fig. 7 Man-machine interactive system

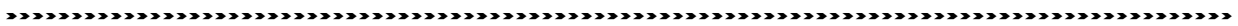
7 结 论

根据航测相机对人机交互的任务要求,采用 DSP 结合 FPGA 的方式对液晶控制器和矩阵式键盘进行接口控制,完成了人机交互系统的设计。使用 FPGA 完成了对机械触点式键盘的接口设计,达到了键盘设计的防抖和键码识别要求,避免了采用 CPU 进行键盘接口控制对 CPU 运行时间的浪费。通过软件设计实现了高速 DSP 微控

制器与低速液晶显示模块间的接口速度匹配,分析并解决了液晶屏“闪烁”问题和屏幕“雪花”现象。为满足使用要求,采用自定义字库进行相机工作信息的显示。地面试验及飞行试验结果表明:通过硬件的合理选择和软件的精心设计,该人机交互系统工作可靠,可视性及可操作性强,很好地满足了航测相机在有人运输机上的使用需求,为人机交互系统设计提供了可借鉴的方案。

参 考 文 献:

[1] 李文明. 立体测绘相机控制器的研究与设计[D]. 长春:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,2008.
[2] 厚琳,王明泉,李博等. 基于 TMS320C6713 的液晶显示模块接口的实现[J]. 液晶与显示,2009,24(2):243-247.
[3] 沈科,吴钢华. 基于 DSPTMS320F2407 的液晶显示模块接口设计[J]. 液晶与显示,2010,25(1):99-104.
[4] 卢毅,赖杰. VHDL 与数字电路设计[M]. 北京:科学出版社,2001:296-300.
[5] 何满润,程汉湘,荆怀成. 液晶菜单显示系统接口电路的设计与实现[J]. 液晶与显示,2010,25(6):836-840.



文章编码的识读

为了便于期刊文章的检索、查询、全文信息索取和远程传递以及著作管理,凡具有文献标识码的文章均可标识一个数字化的文章编号,其中 A(理论与应用研究学术论文(包括综述报告))、B(实用性技术成果报告(科技)、理论学习与社会实践总结(社科))、C(业务指导与技术管理性文章(包括领导讲话、特约评论等))三类文章必须编号。

文章编号由期刊的国际标准刊号、出版年、期次号及文章的篇首码和页数五段共 20 位数字组成,其结构为:XXXX-XXXX(YYYY)NN-PPPP-CC,其中 XXXX-XXXX 为文章所在期刊的国际标准刊号(ISSN),YYYY 为文章所在期刊的出版年,NN 为文章所在期刊的期次,PPPP 为文章首页所在期刊页码,CC 为文章页数,“-”为连字符。该编号在全世界范围内是该文章的惟一标识。

文章编号由各编辑部给定,中文文章编号的标识为“文章编号:”或[文章编号]。如:文章编号;1007-2780(2003)02-0097-04 为发表在《液晶与显示》2003 年第 2 期第 97~100 页(共 4 页)上题为“液晶中聚合物网络的形貌研究”(作者:杨文君等)一文的文章编号。