

基于物联网的智能船载防碰撞测深系统的设计

朱柏辉,莫伟健,任志健,何碧霞,万智萍

(中山大学新华学院,广东 广州 510520)

摘 要:为了防止水上交通意外事故频繁发生而促进水上运输业稳步全面的发展,文中设计了一种智能船载防碰撞测深系统。该系统结合了 ZigBee 无线通信技术与嵌入式技术,以模块化设计实现防碰撞与测深功能,针对无线网络各节点的信号碰撞问题,引入防碰撞算法优化系统,防止信号在接收时产生冲突,保证整个系统的同步性与准确性。该系统以 STM32F103VET6 嵌入式芯片作为系统的控制核心,采用 CC2530 负责 ZigBee 无线网络通信的实现,实验表明本系统具有耗能低、实用性高、移植性强等优点。

关键词:ZigBee;智能船载系统;无线网络;防碰撞算法

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)06-0199-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.06.051

Design of Intelligent Anti-collision Bathymetry System on Board Based on Internet of Things

ZHU Bai-hui, MO Wei-jian, REN Zhi-jian, HE Bi-xia, WAN Zhi-ping

(Xinhua College of Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510520, China)

Abstract: To prevent the frequent occurrence of water traffic accidents and promote water transport steadily comprehensive development, an intelligent anti-collision bathymetry system on board is given in this paper. ZigBee wireless technology and embedded technology are combined, can realize the functions of anti-collision and bathymetry by the modular design. According to the problem of signal collision with wireless network each signal node, the anti-collision algorithm is introduced to optimize this system, prevent the signal conflicts when receiving, ensure the synchronization and accuracy of the entire system. This system takes the STM32F103VET6 embedded chip as the control core, uses the CC2530 to realize ZigBee wireless network communication. Experiments show that the system has some advantages as low energy consumption, high availability and better portability.

Key words: ZigBee; intelligent system on board; wireless network; anti-collision algorithm

0 引言

在现代化的交通运输行业中,水上运输在我国占据着十分重要的地位,因其成本较低、可靠性较高等优点得到了业界的支持与选择,作为各城市地区和各国国家之间货物运输的重要角色,国际贸易的发展也促使水上运输行业活跃化^[1]。网络化与信息化程度的快速发展直接带动了水上运输业的发展,引入各种高新技术后简化了商家的面谈、协商等冗杂的手续,如直接通过网络实现交易便可执行发货,使得货物交易量迅速增长,水上运输业的业务量也大大提高,水上交通运输活动的节奏逐渐紧凑与繁忙。同时,由于水上载货船数量多和航行频率高,加之有部分商家为了节省成本,

对载货船实行超载超重,船上的安全警报系统不及时更新升级,这样船碰撞事件、触礁事故的发生频率也随之增长,并且水上交通伴随着各种设备故障、恶劣天气等突发隐患^[2]。因此一种新型、安全与可靠的船载防碰撞系统的设计与开发是有必要的,可以防止载货船发生超载超重和触礁等事故的发生。

1 系统功能架构

文中设计的智能船载系统主要实现四种功能,分别为测深、观测、水样检测与防碰撞,其中防碰撞系统的设计最为关键,引入防碰撞算法提高整个系统运行的稳定性、有效性与可靠性。物联网是当前社会的热门

收稿日期:2012-09-19

修回日期:2012-12-27

网络出版时间:2013-03-05

基金项目:广东省大学生创新创业训练计划基金资助项目(2012CX007)

作者简介:朱柏辉(1990-),男,广东惠州人,研究方向为物联网技术、无线通信技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130305.0817.042.html>

门技术,以一种全新的姿态在交通运输、电力电气、保健医疗和智能家居等行业展示出新的活力与生命力。物联网的基本结构体系包括感知层、网络层和应用层三个方面,本智能船载系统的物联网网络层通讯手段采用 ZigBee 技术,它适合实现系统各功能的无线通讯网络中数据的采集与收发,具有低功耗、低成本等优点,满足系统的设计要求。

1.1 测深功能

随着水上交通运输业的发展,载货船的数量以及载重量也随之增长,这样往往容易造成水上交通意外事故,问题较为严重的是载货船超载超重的现象。载货船超载超重增加了船本身的载重负荷量,使船的制动能力减弱,航行灵敏度下降,发动机运转负担加大,同时也逐渐缩短了载货船的寿命,这样使得载货船发生意外事故的概率升高。为了保证载货船的载货量限制在一个范围之内,在载货船上配置测深功能,一种较为理想的测深技术是集计算机技术、信号处理技术、超声波声纳技术于一体可达到高精度测量的高新技术^[3],经过各种情况的综合分析确定一个载重安全深度值,在船装货期间,若发生超载超重现象,警报系统便会自动启动,直至载货船的载重量符合载重安全深度值。

1.2 观测功能

船在水面上航行时的状况总是千变万化的,有必要对水表温度、水面潮汐、风向风速与气压等水文气象因素进行长期而连续的观测^[4],水上交通航线上的船只一般都处在动态航行中,在远程观测范围内能准确发现其他船只,做好意外防备措施,确保水上交通运输的载货船能安全有序地航行。另一方面,水面上的天气状况也是多变的,尤其是海上的天气,更是变化莫测,一旦突然遇上雨雾天气甚至台风等恶劣天气,水面上的可见度会大大下降,载货船难以正常航行,容易失去控制,随时都有发生意外事故的可能,因此,能及时观测远方水面的天气状况并进行预测是十分有必要的,能大大提高载货船航行的安全度,应将观测功能作为智能船的基本功能之一。

1.3 水样采集功能

建设环境友好型社会是政府提出的重要发展战略,提倡生态文明,加强环境保护,走可持续发展之路,水是重要的生命、生产与生活的资源,需要加强节约与管理使用。社会的发展带来的后果是环境的污染,水资源污染问题日益严重,引起相关疾病频繁发生^[5],其中部分原因是水上交通造成的。载货船的漏油泄油事故,船员将没经过处理的生活污水直接排放入水中等,这些现象直接污染了水资源,严重恶化了水质。智能船载系统应配置水样采集功能,不仅可以检测附近

航行水域的水质状况,还能检测船本身排放的生活污水等,检测水样是否达标,如航行的水域水质污染较严重则可以及时通知相关海事部门,以便进行及时的净化处理,保证绿色水上交通。

1.4 防碰撞功能

水上海上交通运输业一直以来都比较繁忙,由于其成本低、经济效益高等优点受到各大商家的支持,随着频繁的水上交通,出航在水上交通的载货船的数量大为增加,船身的体积大、行动反应较迟缓,限于目测难以判断是否达到足够的安全距离,加之有时水上航线比较拥挤甚至出现追尾现象,载货船碰撞事件与触礁事故的发生频率较高,导致了重大的直接经济损失。防碰撞系统可以防止这些意外事故的发生,经过合理的统计分析确定一个安全距离值,当载货船之间的距离小于安全距离值时,警报系统就会马上启动,船员便可以马上发现以矫正船距。防碰撞系统也可同时防止触礁事故的发生,载货船靠近海岸准备进入港湾时,由于天气多变使得潮涨潮退,暗礁显露出水面的高度也有变化,经过防碰撞系统的探测后当暗礁的高度能达到船的深度,警报系统就会启动,船员便可矫正航线从而安全登陆。

2 系统模块化设计

2.1 信息采集模块

2.1.1 超声波发射驱动电路

本电路的设计主要由超声波发射器、变压器 TR、晶体管、电阻和电容等元器件组成,如图 1 所示。send 和 cut 两个端口接入系统控制模块由主芯片控制,晶体管 Q2 选用 D882,当系统资源的 I/O 口设置为推挽式输出的模式时,通过该晶体管的拉电流与灌电流都可达到 20mA,使得 D882 达到足够的驱动能力和迅速的通断特性,保证整个电路的可靠性与稳定性。超声波发射器呈容性,与变压器 TR 的次级电感形成了谐振回路,目的是为了提高超声波的发射效率,同时带来的影响是导致超声波发射后余波时间相对延长,淹没了近距离的回波,加大了测量误差。针对此问题,该电路中加入了余波抑制电路部分,电容 C1、C2 用于微调负载电容,促使谐振回路的形成,电阻 R4 的作用是消耗发射超声波的功率,增加谐振回路的功率损耗,缩短余波的结束时间;当系统控制的脉冲发射完成后晶体管 Q1 将导通,变压器的初级电感会发生短路,这样便很快消耗谐振回路的能量,有效地消除余波,电阻 R3 的阻值越小抑制效果越好,同时带来容易失控,发生短路烧坏元器件等问题,因此在本电路中加入一个跳线器 S,当软件调试没有完毕则一直处在断开状态,避免不必要的功率损耗,防止程序出错而导致短路现象。

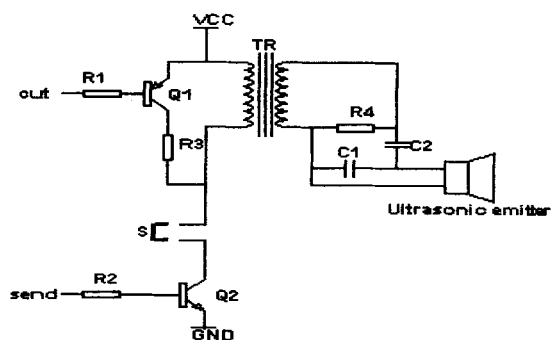


图1 超声波发射驱动电路

2.1.2 超声波接收电路

超声波接收电路是整个信息采集模板的核心部分,决定于系统实现超声波测距功能的准确性与可靠性,由于产生超声波发射波形与计时功能易于实现则保证准确地检测回波信号是电路设计的关键,本电路由 TL852 模块、超声波接收器、电阻、电容和电感等元器件搭建组成,如图2所示。GCA-GCD 分别接入系

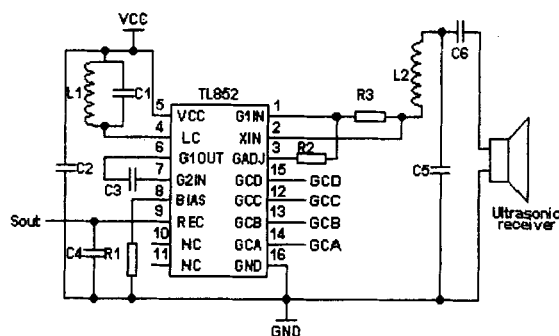


图2 超声波接收电路

统主控芯片的 I/O 口,用于控制 TL852 的工作增益,其内部具有上拉电阻,设置为 OC 输出模式;TL852 的 REC 引脚接到 Sout 端,经系统控制模块接入中断资源,当超声波发射时抑制 TL852 的输出电阻,此时置为 OC 输出;R2、R3 设计成直插器件的模式,改变两者阻值的比值可以改变电路的灵敏度,便于满足各种使用的需求。

2.2 无线网络模块

系统的无线网络模块以 ZigBee 搭建无线网络,实现近距离无线通信,以无线电波为载体完成传感器之间的数据传输,使得处在无线网络的各传感器节点通信协调化,保证通信效率高和使用器件少。ZigBee 技术是新型的无线网络技术,能够实时感知和采集在有效范围内的节点信号^[6],广泛应用在近距离数据传输与通信领域,能实现网络的动态自组化,其拓扑结构具有随意调整的特性,防碰撞系统趋向智能化,提高了系统的灵活性与可靠

性。

2.2.1 ZigBee 协议标准

ZigBee 协议标准为分层结构模式,其体系架构为物理层(PHY)、媒体访问控制层(MAC)、网络层(NWK)、应用层(APL),其中物理层与媒体访问控制层是根据符合 IEEE 802.15.4 标准定义的^[7],应用层框架提供应用支持层(APS)、ZigBee 设备对象(ZDO)和由用户定义的应用对象,每层都能完成特定的功能与提供相关的服务,层与层之间可通过接口实现特殊的通信与访问达到某种应用目的。

2.2.2 系统采用的 ZigBee 网络拓扑结构

由于各种设备在网络通信中完成的功能不同, IEEE 802.15.4 网络设备有 PAN 协调器、协调器和一般设备三种, PAN 协调器是整个网络的中心节点并且一个网络只允许存在一个 PAN 协调器。ZigBee 网络拓扑结构可分为星形网络、网状网络和簇状网络, 星形网络中的所有设备都与 PAN 协调器通信, 实质上相当于没有路由器; 网状网络中的任何两个在有效的无线辐射范围内的设备都能直接实现通信, 该网络在构建时节点的信息维护工作复杂; 簇状网络中的协调器、路由器和终端设备功能明确, 构建过程较为简洁, 节省所需利用的资源, 是结合星型网络与网状网络的优点而形成的, 能较好地扩大通信的有效范围, 因此本系统的 ZigBee 设备采用簇状网络拓扑结构。

2.2.3 ZigBee 网络协调器硬件设计

处理器是决定网络优劣的主要因素,作为协调器与各节点的硬件核心,保证整个网络环境的有序、安全与稳定。CC2530 是 TI 公司推出的一款基于片上系统解决方案的用于 2.4GHz 频段的芯片,内部集成了一个优化的 8051 微处理器和一个高性能的 RF 收发器,配置有 8KB 的 RAM、32/64/128/256KB 的 FLASH、2 个 USART 以及其它功能模块。由于 CC2530 封装程度与功耗低^[8],具有高性能与高集成的特点,所需外围设备较少,其电路设计比较简洁,如图 3 所示。本网络系

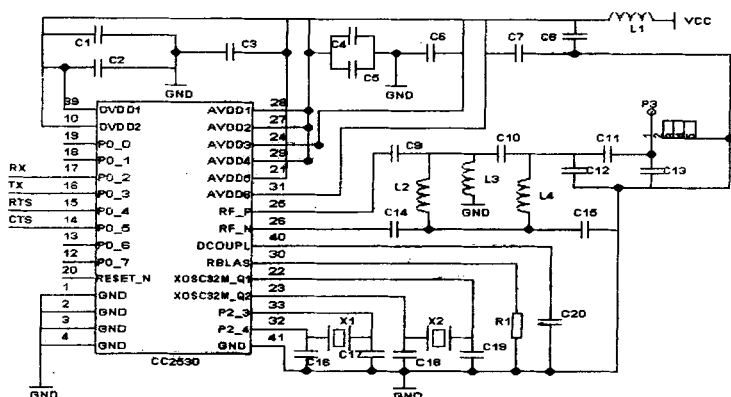


图3 CC2530 外围电路

统的协调器的主要功能是负责组建整个网络架构,接收与处理节点处采集到的超声波信号,同时与监控中心的主机实现串口通信。协调器的硬件设计是通过串口技术与 CC2530 搭建起来的,如图 4 所示,串口采用 SP3232 实现 RS-232 串口数据的电平转换,与监测中心的主机连接通信后显示出此超声波信号代表的含义。

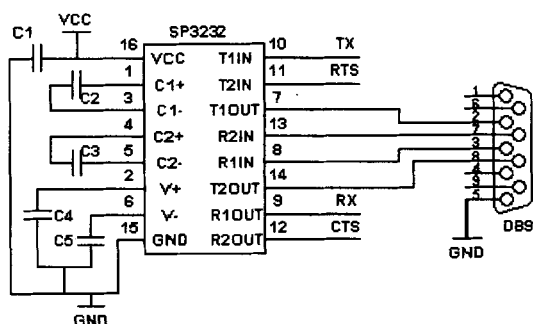


图 4 SP3232 串口转换电路

2.3 系统控制模块

由于 STM32 系列单片机具有性能高与指令丰富等优点^[9],智能船的系统控制模块采用 STM32F103VET6 的嵌入式处理芯片作为主控制端,功能强大,功耗极低,具有十分丰富的资源,外部接口充足,可以存储和处理大量的数据,很好地实现智能船载系统的各种功能。STM32F103VET6 是意法半导体公司推出的基于 ARM 的 32 位 Cortex-M3 内核的处理器,片上集成了 512KB 的 FLASH、64KB 的 SRAM,具有 CAN 与 USB 总线,2 个 I²C 与 3 个 SPI 总线接口以及 5 个 USART 串行接口,满足多种通信功能的需求,完全符合整个系统的设计要求,系统总体框架如图 5 所示。

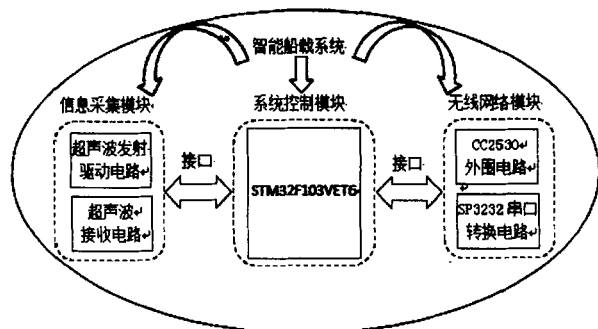


图 5 系统总体框架

3 智能船载防碰撞算法

文中设计的智能船载系统的功能主要是通过超声波信号的发送与接收而实现的,ZigBee 设备终端节点包括超声波信号节点与路由信号节点,两者都可看作精简功能设备。多道超声波信号与多个信号接收节点标签同时接触时,会产生两种结果的碰撞形式,一种情况是一道超声波信号引起多个信号接收节点标签产生

响应,另一种情况是同一个信号接收节点标签同时接收到多道不同的超声波信号,这样都有可能使得信号发生突变,带来实质性的误差与影响,识别多个标签时产生碰撞是无法避免的^[10]。可见引入防碰撞算法有利于提高系统的稳定性与可靠性,其重要的应用在于标签的计数与种类查找。

本系统引入基于树的算法,为了减少节点标签接收信号的碰撞时隙,根据实际需要选用常用的二叉树或四叉树形算法^[11]。若发生碰撞情况时,二叉树形算法中在命令信息的前缀后面添加一位 0 或 1 作为新的命令信息;相应的四叉树形算法则在命令信息的前缀后面添加 00、01、10 或 11 作为新的命令信息。当信号节点标签越多时,发生碰撞时命令信息的位数则越多,携带碰撞信息的比特位数占据总信息比特位数的比例也相应增大,由这个比例参数可以决定二叉树形算法与四叉树形算法的动态选择,假定此比例参数为碰撞因子 η 。

设想信息节点标签的编码长度为 m ,发生碰撞产生的信息比特位数为 n ,则碰撞因子 $\eta = \frac{n}{m}$,若网络系统结构存在 α 个待接收信号的节点标签,而满足随意一位信息不会产生碰撞的事件概率为 $\frac{1}{2}^{\alpha-1}$,此时碰撞因子 η 的值为:

$$\eta = \frac{m[1 - \frac{1}{2}^{\alpha-1}]}{m} = 1 - \frac{1}{2}^{\alpha-1} \quad (1)$$

由式(1)可知,当信号节点标签数目越多时,碰撞因子的值越大,否则碰撞因子的值越小,这证明信号节点标签数目直接影响着碰撞因子的大小,两者之间有着重要的联系。

假定系统的信号节点标签数目为 α ,对应分配生成的叉树为 N ,当节点标签搜索的深度为 L 时,其识别概率为:

$$P(L) = (1 - \frac{1}{N})^{\alpha-1} [1 - (1 - \frac{1}{N})^{\alpha-1}]^{L-1} \quad (2)$$

对应的搜索深度均值可求得:

$$E(L) = \sum_{L=1}^{\infty} LP(L) = (1 - \frac{1}{N})^{\alpha-1} \sum_{L=1}^{\infty} L [1 - (1 - \frac{1}{N})^{\alpha-1}]^{L-1} \quad (3)$$

经过化简可得:

$$(1 - \frac{1}{N})^{\alpha-1} E(L) = (1 - \frac{1}{N})^{\alpha-1} \sum_{L=0}^{\infty} [1 - (1 - \frac{1}{N})^{\alpha-1}]^L \quad (4)$$

由于 $1 - (1 - \frac{1}{N})^{\alpha-1} < 1$,则:

$$E(L) = \sum_{L=0}^{\infty} \left[1 - \left(1 - \frac{1}{N} \right)^{\alpha-1} \right]^L = \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{N} \right)^{\alpha-1}} \quad (5)$$

由此可知,搜索过程所需的平均时隙数为:

$$T_N = NE(L) = \frac{N}{\left(1 - \frac{1}{N} \right)^{\alpha-1}} \quad (6)$$

根据式(6)可分别计算出二叉树形与四叉树形算法的平均时隙数为:

$$T_2 = \frac{2}{\left(1 - \frac{1}{2} \right)^{\alpha-1}} \quad (7)$$

$$T_4 = \frac{4}{\left(1 - \frac{1}{4} \right)^{\alpha-1}} \quad (8)$$

搜索深度增加会使得碰撞时隙的信号节点标签数量减少^[12],将式(7)与式(8)比较可得,如果 $\alpha < 3$ 时,有 $T_2 < T_4$;如果 $\alpha \geq 3$ 时,则 $T_2 > T_4$,将 $\alpha = 3$ 代入式(1)可用于选择二叉树与四叉树的中间判断值,这时的碰撞因子的值 $\eta = 1 - \left(\frac{1}{2} \right)^{3-1} = 0.75$,若 $\eta < 0.75$,应选用二叉树形算法进行搜索过程;否则选用四叉树形算法。

4 结束语

文中根据当前水上交通各种现状与问题而展开智能船载系统的设计,利用新兴且被广泛应用在各领域的物联网技术与网络通信技术对水上交通的载货船上各种安全警报系统进行完善并增加相应的功能,引进防撞算法对系统进行升级与优化,大大增强了系统的性能。该系统的直接目的是为了保证载货船在整个航行过程可以安全进行,有效防止意外事故的发生,避免货物交易双方直接的经济损失甚至是伤亡事故的发生。此外,本船载系统的可移植性较高,能应用在其它交通工具上实现,也能支持航空监测、海底探测等活动。可见本船载系统不仅可以防止意外事故发生与缓解交通压力而带来经济效益的提高,还能支持各类型危险作业的实施,加强对行船的科学性监测与管理,保

证水上航路畅通与交通安全^[13],因而该系统具有较高的实际研发意义。

参考文献:

- [1] 刘茹茹,胡勤友.一种主观的船舶碰撞危险度评价模型[J].上海海事大学学报,2012,33(1):41-44.
- [2] 邢辉,吕安勤,周尊山,等.基于事件树分析的沉船碍航概率风险评估[J].大连海事大学学报,2012,38(1):29-32.
- [3] 韩贤权,周武,梁俊,等.多波束测深系统在河道采砂管理量化监测中的应用[J].长江科学院院报,2012,29(6):87-90.
- [4] 叶颖,冯林强,成方林,等.基于ARM的海洋站水文气象自动观测系统设计[J].海洋技术,2012,31(2):40-44.
- [5] 黎洪松,刘俊.水质检测传感器研究的新进展[J].传感器与微系统,2012,31(3):11-14.
- [6] 于童,王文秀,徐小粘.基于ZigBee的无线温湿度传感器网络设计与实现[J].计算机技术与发展,2012,22(7):167-170.
- [7] 冯涛,崔炳德.基于ZigBee网络的智能小区网络管理系统的研究[J].煤炭技术,2012,31(6):199-200.
- [8] Yang Jingjing, Rao Ruonan. Multi-subnetwork Switching Mechanism in the Large-scale Zigbee Mesh Network for the Real-time Indoor Positioning System[C]//2011 Third International Conference on Multimedia Information Networking and Security. [s. l.]: [s. n.], 2011:100-104.
- [9] Chen Zhengshi, Jin Laizhuan, Song Junzheng. A Double-motor Structure Energy-saving AC Variable Frequency Control Experimental System[C]//2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. [s. l.]: [s. n.], 2010:81-84.
- [10] Deng Der-Jiunn, Tsao Hsuan-Wei. Optimal Dynamic Framed Slotted ALOHA Based Anti-collision Algorithm for RFID Systems[J]. Wireless Personal Communications, 2011, 59(1): 109-122.
- [11] 张学军,蔡文琦,王锁萍.改进型自适应多叉树防撞算法研究[J].电子学报,2012(1):193-198.
- [12] 丁治国,朱学永,雷迎科,等.基于启发式函数的多叉树防撞算法[J].计算机应用,2012,32(3):665-668.
- [13] 邢辉,于洪亮,段树林,等.海上沉船碍航概率风险评估[J].中国航海,2012,35(1):71-75.

(上接第198页)

- [7] 刘榴娣.显示技术[M].北京:北京理工大学出版社,1993.
- [8] 王宇,朱为,堵国良,等.LED显示屏实现高质量图像显示的扫描算法分析[J].电子器件,2004,18(4):482-485.
- [9] 周西峰,沈毅,郭前岗.基于DSP与CPLD的LCD液晶显示驱动设计[J].计算机技术与发展,2011,21(4):223-226.

- [10] 林志贤,郭太良.HV632PG在彩色FED集成驱动系统中的应用[J].福州大学学报(自然科学版),2005,33(4):450-454.
- [11] 徐美华,陈章进,冉峰,等.平板显示系统的最优扫描结构及分形模型[J].电子学报,2006,34(8):1376-1380.
- [12] 徐美华,冉峰,陈章进.基于分形IP核的平板显示控制器设计与应用[J].固体电子学研究进展,2010,30(3):418-424.

基于物联网的智能船载防碰撞测深系统的设计

作者：

朱柏辉，莫伟健，任志健，何碧霞，万智萍，ZHU Bai-hui，MO Wei-jian，REN Zhi-jian，HE Bi-xia，WAN Zhi-ping

作者单位：

中山大学新华学院, 广东广州, 510520

刊名：

计算机技术与发展

英文刊名：

Computer Technology and Development

年，卷(期)：

2013, 23(6)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjz201306051.aspx