

# 平板显示的通用扫描模型

陈奇<sup>1</sup>, 陈章进<sup>1,2</sup>, 王勇<sup>1</sup>, 董元元<sup>1</sup>

(1. 上海大学微电子研究与开发中心, 上海 200072;

2. 上海大学 计算中心, 上海 200072)

**摘要:**文中提出了平板显示系统的通用扫描模型,包括电路模型及数学模型。依据显示成像过程中的像素独立及驱动累积等基本原则,抽象并建立显示系统及其扫描子系统的电路模型;接着,对扫描子系统进行性能分析,定义衡量系统性能情况的关键指标;最后,针对实际应用中的具体扫描模型进行性能比较,验证了该模型的实际效果。该通用扫描模型的建立为高灰度等级扫描方法的优化与推导提供理论基础,具有科学意义和广阔的应用前景。

**关键词:**平板显示;通用扫描模型;灰度等级;电路模型

中图分类号:TN27;TN701

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)06-0195-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.06.50

## General Scanning Model of Flat Panel Display

CHEN Qi<sup>1</sup>, CHEN Zhang-jin<sup>1,2</sup>, WANG Yong<sup>1</sup>, DONG Yuan-yuan<sup>1</sup>

(1. Microelectronic R & D Center, Shanghai University, Shanghai 200072, China;

2. Computing Center, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

**Abstract:** A general scanning model, including the circuit model and the mathematical model, for flat panel display system is presented. Firstly, based on the basic principles of pixel independence and driving accumulation in the imaging process, the circuit model of display system and its sub-scan system was abstracted and established. Then it made performance analysis for the scanning sub-scan system, and defined key indicators of system performance. Finally, it made a performance comparison among different specific scanning models. The model provided a theoretical basis for high gray scale optimization and derivation of scanning methods, had scientific signification and wide application prospect.

**Key words:** flat panel display; general scanning model; gray scale; circuit model

## 0 引言

高清晰度大屏幕平板显示技术是我国科学研究的优先主题和国民经济发展的重点领域之一,灰度是平板显示器显示效果的一个重要评定参数,灰度扫描的利用率和效率问题是当前FPD向高清晰度大屏幕发展的共性问题及瓶颈所在<sup>[1-4]</sup>。

随着平板显示器向高清晰度高质量方向发展,意味着超高的显示分辨率、超高的灰度等级、超高的显示刷新频率与超大的显示尺寸,由于传统逐行逐列扫描技术的影响,显示数据从图像内存到发光器件之间的超大流量传输逐渐成为显示发展中的一个瓶颈,尽可能有效地、合理地利用数据流量成为提高显示质量的

一个重要途径,而这种有效性和合理性取决于图像成像的扫描算法<sup>[5]</sup>。在给定传输条件下,如何尽可能达到最大的灰度等级与显示刷新频率是需要研究的一个重要课题。

关于扫描模型与理论的研究是探索与解决瓶颈问题的一个重要手段。文中提出了平板显示的通用扫描模型及其理论,依据分时扫描的理论,根据图像成像技术中的几个原则,建立分析扫描成像过程的通用模型,列出用于衡量扫描性能优劣的主要技术指标,对各种扫描方法进行统一分析与论证提供了理论依据。为研究高灰度等级与高帧频的扫描方案奠定基础,从而方便推导出适合现有显示器件的新的扫描方法及其实现电路。

收稿日期:2012-09-05

修回日期:2012-12-10

网络出版时间:2013-03-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60773081);上海市教育委员会科研(07ZZ08)

作者简介:陈奇(1987-),男,硕士研究生,研究方向为集成电路设计及平板显示的系统实现;陈章进,教授,硕士生导师,研究方向为微电子及集成电路设计、多媒体支持下的高清晰度显示。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130305.0814.001.html>

# 1 通用扫描模型的建立

## 1.1 扫描模型建立的原则

在显示设备的显示成像过程<sup>[6,7]</sup>中,首先抽象出任何扫描方法或显示器件都遵循的共性原则,这些原则是建立模型和分析性能的关键基础。

### 1.1.1 像素独立性原则

像素独立性原则指的是图像上各像素点之间相互独立、互不干扰的原则。当显示系统对一个像素点进行亮或暗的控制时,这种控制仅仅取决于显示系统本身所采取的控制方法,以及与该像素点的位置、灰度值等本身的信息有关,而与相邻像素的灰度值等信息没有任何关系。

### 1.1.2 驱动累积效应原则

一般的显示屏是不能直接使用灰度数值去驱动像素点的,而是通过一定的调制方法将灰度值转化成驱动值的序流。

将使得像素点发光的电压或电流的大小抽象为驱动值(记为  $D(t)$ ),驱动值随时间而变化,一帧时间内驱动值的积分称为强度(记为  $G$ ),则有以下关系:

$$\int_{t_1}^{t_2} D(t) dt = kG \quad (1)$$

其中,  $k$  为强度的系数。强度值  $G$  越大则像素越亮,强度越小则越暗,强度相同的则有相同的亮度,这就是驱动上的累积效应原则。

为了便于数字化处理,假设驱动值只在各时间点发生变化,各时间点驱动值的列表就是驱动序列,驱动值的积分即是序列的累加和。累加和的强度又称为强度灰度值,它和人眼视觉效果所要求的效果灰度值并不完全一致,它们之间还存在着一个灰度校正和调节关系。这里所谓的累积效应指的是发光器件由于驱动所产生的强度累积,而不是人眼视觉暂留所产生的累积。

## 1.2 显示系统的抽象电路结构

依据前面所讨论的原则,可以抽象出显示系统的电路结构如图 1 所示

根据像素独立性原则,可以将显示设备在逻辑上分成三个部分:前端的接收与预处理系统、中间的显示系统和后端的像素驱动与发光器件系统。



图 1 显示系统的定位及其电路结构

考虑到驱动累积效应原则,电路中应包含强度值。扫描时驱动输出的像素流顺序与输入的像素流顺序有可能不一致,输出时也有可能多次反复,因此需要一个图像缓冲内存以存贮各像素的强度值。存贮于内存中的二进制数值与强度值仍可能不一致,它们之间可能存在加权与除权换算关系。灰度校正指的是发光器件的强度灰度值与人眼视觉效果的效果灰度值之间的换算关系。灰度调节指的是灰度等级的匹配、整个显示屏亮度与对比度调节等换算关系。

图 1 的电路结构将灰度调节、灰度校正与灰度除权分离出来,这使得显示系统及其扫描子系统的建模与分析将更有针对性。

在实际显示系统设计中,模块结构与图 1 或许有所差异,有些显示系统不具备灰度调节功能,有些系统将调节与校正合并,有些系统将缓冲内存移到灰度校正与灰度除权当中等等,但这些并不妨碍电路的抽象。

## 1.3 扫描子系统的电路结构模型

### 1.3.1 电路结构

为了进一步研究扫描子系统及其性能特征,在图 1 的基础上进一步抽象扫描系统的相关电路,结果如图 2 所示,其中显示面板电路仅考虑列部分。

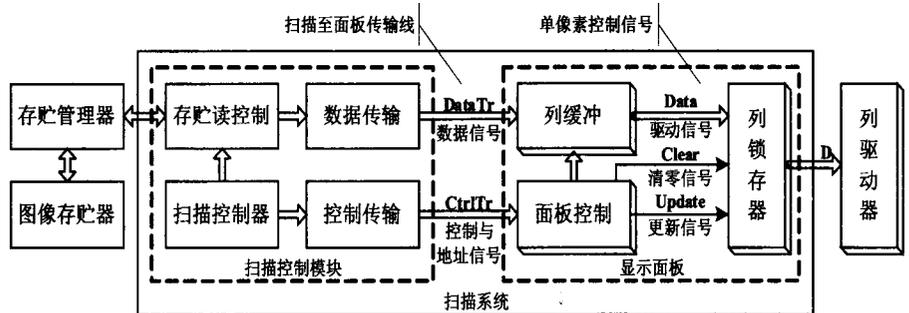


图 2 显示面板的电路结构

在图 2 中,待扫描成像的图像数据存贮于“图像存储器”中,“扫描控制器”通过“存储读控制”和“存储管理器”从“图像存储器”中读出像素的数据,经“数据传输”后生成数据信号“DataTr”,它与“控制传输”输出的控制与地址信号“CtrlTr”共同在传输线上传输至平板显示器的面板单元上。平板显示面板上由“面板控制”逻辑接收传输线上控制与地址信号“CtrlTr”,控制“面板缓冲”接收处理传输线上数据信号“DataTr”,并生成针对每一个像素的控制信号:驱动信号“Data”、清零信号“Clear”与更新信号“Update”。

### 1.3.2 像素状态保持原则

每一个像素单元,在不改变它的驱动值情况下,将

自动保持原先的驱动值直至下一次驱动或下一帧的再次刷新。如图3所示,在清零信号“Clear”高电平时将自己的驱动值“D”置为暗,在更新信号“Update”高电平有效时,将自己的驱动值更新为驱动信号“Data”,否则将保持原先的驱动值不变。

像素状态保持原则意味着扫描控制器不必时刻刷新像素的当前状态,而仅仅只需在最必要时更新就可以了。由于像素的更新数据都是经由传输线传输而来的,在相同灰度等级要求下,像素的更新次数越多,需传输的数据量越大,传输效能比就越差。也就是说,每帧像素点上更新信号“Update”次数越接近下限值越好。

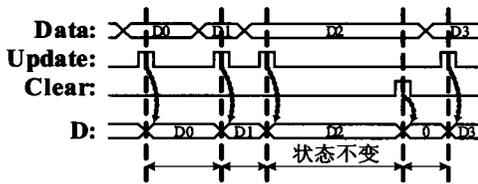


图3 像素状态在两次控制之间保持不变

1.4 显示与扫描系统的电路模型

根据图1与图2,可抽象显示系统与扫描系统的电路模型如图4所示。图中,记A为原始存贮集、E为效果灰度集、G为强度灰度集、B为缓存存贮集、D为驱动集;函数fae、feg、fgb、fbd分别是A到E、E到G、G到B、B到D的转换调节映射函数,缓存存贮集B到强度灰度集G上的一个缓存函数为fbg,它是fgb的逆,FAE、FEG、FBG、FBD分别是针对各个转换调节函数的函数集合。

设显示的每帧包含T个均等分布的时间点,一个像素点在一帧内相邻T个时间点的驱动值构成一个向量,称为该像素的驱动序列,驱动序列的集合称为驱动序列集,记为 $D^-(T)$ 。

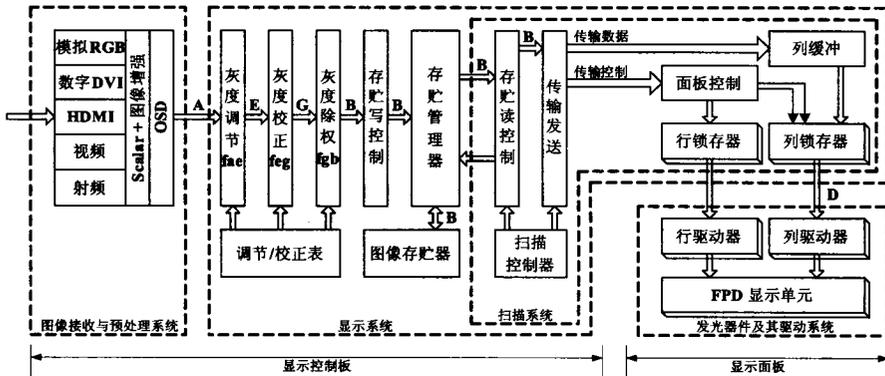


图4 显示与扫描系统的电路模型

设  $fbg: B \rightarrow G$  是一个从存贮集到强度灰度集的缓存函数,称  $fbd: B \rightarrow D^-(T)$  为  $fbg$  上实现  $B, G, D, T, k$  的单点扫描函数,如果满足:

$$(\exists k > 0)(b \in B)(\text{SUM}(fbd(b)) =$$

$$k \times fbg(b)) \tag{2}$$

其中,SUM为驱动序列的累加和函数,k是一个系数,称为单点扫描 fbd 的成像系数。

对于缓存存贮集B中的任意一个存贮值b,经单点扫描函数 fbd 映射后得到一个驱动序列,有  $fbd \in D^-(T)$ ,驱动序列的累加和  $\text{SUM}(fbd(b))$  表示T时间内的总驱动强度,由驱动累积效应原则,该值必须和所需达到的强度灰度值  $fbg(b)$  成正比。

所有  $fbg$  上实现  $B, G, D, T, k$  的单点扫描函数的集合称为单点扫描函数集,记为  $\text{FBD}(G, B, D, fbg, T, k)$ 。若显示屏上有L个像素,显示屏上所有像素的单点扫描函数组成该显示屏的扫描函数,其集合称为扫描函数集,记为  $\overline{\text{FBD}}(G, B, D, fbg, L, T, k)$ 。

1.5 扫描系统及其性能分析

1.5.1 扫描系统

设有扫描函数  $S \in \overline{\text{FBD}}(G, B, D, fbg, T, k)$ ,扫描中每时间单位所能传输的驱动值数量记为  $dpt$ ,  $dpt$  取决于时间单位的设定以及传输线上数据信号的宽度(即能同时传输的驱动值数量),显示面板上各像素的最大亮度比记为  $\maxbr$ ,称多元组  $\text{SCA} = \langle G, B, D, fbg, S, L, T, k, dpt, \maxbr \rangle$  是一个扫描系统。

1.5.2 性能极限

设有驱动集D,像素每帧的更新次数为u次,无论系统如何设计,理论上能够达到的灰度等级的上限为  $|D|^u$ 。设强度灰度集G,则有:

$$|G| \leq |D|^u, u \geq \log_{|D|} |G| \tag{3}$$

设扫描S中像素i在t时间的更新信号“Update”信号有效,称  $\langle i, t \rangle$  是一个更新点,记为  $U_{i,t} = 1$ ,称U是扫描S的更新点阵列,它描述各像素点更新信号“Update”的分布情况。 $\sum U$  是每帧有效传输的驱动值数量。

由于每个像素点每帧至少传输  $\log_{|D|} |G|$  次,则L个像素每帧传输的驱动值数量的下限为  $L \times \log_{|D|} |G|$ 。

由于SCA的每帧共有T个时间单位,且每时间传输  $dpt$  个驱动值,则每帧所能传输的最大驱动值数量为  $T \times dpt$ 。同时由于最多只有L个像素,显然应有

$dpt \leq L$ 。每帧的各个传输量有以下关系:

$$L \times \log_{|D|} |G| \leq \sum U \leq T \times dpt \leq L \times T \tag{4}$$

1.5.3 性能指标

扫描系统的性能指标有7个,如表1所示,其中亮

度损失率与面板缓冲量越小越好,其它指标越大越好,主要指标分析如下:

(1) 称每帧有效更新总数( $\sum U$ )与传输能力( $T \times \text{dpt}$ )之间的比值为传输效率,反映传输数据的有效程度,记为 tran(SCA):

$$\text{tran(SCA)} = \frac{\sum U}{T \times \text{dpt}} \times 100\% \quad (5)$$

(2) 实际灰度等级与理论所能实现的最高灰度等级之间的比值为等级效率,反映灰度等级的实现效率,记为 gray(SCA):

$$\text{gray(SCA)} = \frac{|G|}{|D|} \times 100\% \quad (6)$$

(3) 每帧白色对应的驱动强度与全部时间最大驱动值的比值为亮度比,反映像素的整体亮度情况,记为 bright(SCA)。其受限于显示屏上显示面板本身的设计,显示屏的亮度比存在一个最大值,记为 maxbr,该值与扫描方法无关,一般静态显示屏的最大亮度比为 100%,而 1/8 逐行扫描显示屏的最大亮度比为 12.5%。

$$\text{bright(SCA)} = \frac{k \times \text{MAX}(G)}{T \times \text{MAX}(D)} \times 100\% \leq \text{max br} \leq 100\% \quad (7)$$

表 1 扫描系统性能指标

名称	符号	性能	说明
传输效率	tran(SCA)	$\leq 100\%$	反映传输数据的有效程度,有效传输与负荷能力之比
等级效率	gray(SCA)	$\leq 100\%$	反映灰度等级的实现效率,实际与理论上最大灰度等级之比
参考帧频	ref(SCA)		反映扫描的刷新程度,与实际帧频成正比
亮度比	bright(SCA)	$\leq 100\%$	反映像素的整体亮度情况,像素的实际与理论上最大驱动强度之比
亮度损失率	loss(SCA)	$\geq 0\%$	反映扫描方法带来的亮度比损失情况,亮度比与最大亮度比之间的差距
面板缓冲量	buff(SCA)	$\geq 0$	反映显示面板数据缓冲量多少的一项指标
灰度线性度	line(SCA)	$\leq 100\%$	反映灰度均匀程度及可校正程度的一项辅助指标

## 2 扫描模型举例及性能比较

以一个 8 位数据传输(10MHz 传输速率,80Mbps 带宽)的 96 行×128 列×3 色的 LED 显示屏(1/16 逐行扫描模式)为例<sup>[8-10]</sup>,要求显示帧频率达到 100Hz 以上,针对几种时间调制扫描方法,分别建立模型并分析其性能,如表 2 所示。性能分析显示,不同的扫描方法都具有其各自的优缺点,传统扫描方式传输效率及等级效率最低,随着灰度等级要求的提高,效率进一步成正比降低;子场方法通过损失显示亮度以提高传输效率,由于亮度比不能太低(否则显示屏太大,降低器件寿命),灰度等级的更进一步空间有限;Z 字形<sup>[11-12]</sup>扫

描方式在传输效率及等级效率都达到 100%,但其灰度线性度偏低(灰度不均匀);直接搜索通过计算机软件搜索能达到较理想的显示性能,由于计算能力的限制,目前只能搜索到中低等级的较优扫描;植入递推<sup>[5]</sup>通过对文中建立的模型进行推导,利用直接搜索的结果进行递推运算,具有较好的性能,并取得最高的灰度等级。在具体的实际应用中,可以使用文中的方法建立模型,计算其性能,以选择更合适的扫描方法,得到更好的显示效果。

表 2 显示屏各扫描方案性能对比

扫描方案	灰度等级  G	传输效率 tran	等级效率 gray	亮度比 bright	线性度 line	帧频 Hz
传统扫描	16	26.7%	0.05%	100%	100%	136
子场法(1/16)	256	42.1%	0.05%	83.9%	100%	108.5
Z 字形 Z <sup>8</sup>	512	100%	100%	100%	22.2%	122
直接搜索 S <sup>(9)</sup>	512	84.5%	32%	100%	100%	186
植入递推 S <sup>[7]</sup> ·S <sup>[7,5]</sup>	2017	78.6%	12.3%	100%	100%	145

## 3 结束语

文中建立了适用于各种扫描方法的扫描模型及其理论,并且定义了衡量系统性能情况的关键指标,能用于分析各种扫描方法的组成及其性能优劣。该模型的提出有利于探索高效扫描的新方法及其实现方式,从理论和实际应用上,解决平板显示器在清晰度发展方向上的瓶颈问题,具有科学意义和广阔的应用前景。

### 参考文献:

- [1] Choi Byong-Deok. Line-time extension driving method with image quality enhancement for LCD monitors and TVs[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2009, 55(4): 2257-2263.
- [2] Kim Jin-Ho, Ahn Soon-Sung, Kwon Oh-Kyong. Image quality enhancement driving method of flat panel displays for TV applications[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2007, 53(3): 1147-1152.
- [3] Kim J H, Ahn S S, Kwon C H, et al. An output channel non-uniformity compensation driving method in flat panel display driving circuits[J]. Journal of Display Technology, 2006, 2(4): 386-392.
- [4] Lee Hojin, Yoo Juhn-Suk, Kim Chang-Dong, et al. Hexagonal a-Si:H TFTs: A new advanced technology for flat panel displays[J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 2007, 55(1): 329-336.
- [5] 陈章进. 平板显示器扫描模型与理论研究[D]. 上海: 上海大学, 2009.
- [6] 应根裕, 胡文波, 邱勇, 等. 平板显示技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.

(下转第 203 页)

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

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<sup>[12]</sup>,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<sup>[13]</sup>,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.

## 平板显示的通用扫描模型

作者: [陈奇](#), [陈章进](#), [王勇](#), [董元元](#), [CHEN Qi](#), [CHEN Zhang-jin](#), [WANG Yong](#), [DONG Yuan-yuan](#)  
作者单位: [陈奇, 王勇, 董元元, CHEN Qi, WANG Yong, DONG Yuan-yuan\(上海大学微电子研究与开发中心, 上海, 200072\)](#), [陈章进, CHEN Zhang-jin\(上海大学微电子研究与开发中心, 上海200072; 上海大学计算中心, 上海200072\)](#)  
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\\_wjfz201306050.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201306050.aspx)