

平板显示 与3D显示技术

● 赵坚勇 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

平板显示与3D显示技术

赵坚勇 编著

国防工业出版社

·北京·

前 言

国务院制定的《电子信息产业调整和振兴规划》(以下简称《规划》)中将促进“平板产业升级和彩电工业转型”作为单独的一项重点工程。《规划》中明确提出“突破新型显示产业发展瓶颈,统筹规划、合理布局,以面板生产为重点,完善新型显示产业体系”,并把“新型显示和彩电转型”列入电子信息产业调整和振兴的六大工程,体现了国家对平板产业的高度重视和支持。我国平板显示产业面临巨大的、持续的发展机会。

目前3D立体显示技术是一个发展的热点,3D立体电视处于关键技术研究的突破阶段,国内厂商大量推出戴(眼)镜式3D显示器,逐步推出裸眼3D显示器产品,并成功商用,受到了户外广告公司的青睐。但是从整体来看,3D技术创新和产业仍处于起步阶段,研发和产业化基础比较薄弱,在技术和产品开发上与其他国家相比仍有较大差距。

本书讨论平板显示与3D显示技术的基本原理与关键技术。

本书共7章。第1章介绍显示器的分类、参数、接口和产业。第2章介绍液晶显示器、背光源和产业链。第3章介绍等离子体显示、灰度显示方法、驱动电路和产业链。第4章介绍有机电致发光显示、动态驱动、低温多晶硅和像素电路。第5章介绍场致发射显示,包括金属微尖场致发射、碳纳米管场致发射和表面传导发射。第6章介绍投影技术,包括液晶投影、硅基液晶 LCoS、数字式光处理技术 DLP、激光投影显示和微投影技术。第7章介绍3D显示技术,包括立体视觉机理、分类、眼镜式3D显示、裸眼3D显示、数据压缩和传输、视觉疲劳和不适感等。

本书内容丰富,资料新颖,深入浅出,便于自学。本书可作为高等学校电子类专业“平板显示与3D显示技术”课程教材或高职和中专相同专业的教材,也可作为成人教育和培训班教材。为便于教学,本书编有相关教学课件,需要的老师可以向作者或出版社责任编辑索取。

在本书的编写、审定和出版过程中,得到国防工业出版社的大力支持与帮助。专家们认真审阅了本书,提出了很多宝贵的意见,在此表示深切的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,敬请读者批评指正。

编者

2011年10月
于桂林电子科技大学

目 录

第1章 平板显示	1
1.1 概述	1
1.1.1 显示器的组成	1
1.1.2 显示器的分类	1
1.1.3 显示器的主要参数	3
1.2 平板显示常用接口	5
1.2.1 模拟信号接口	5
1.2.2 低摆幅差分信号接口 LVDS	6
1.2.3 数字显示接口 DVI 和 HDCP	7
1.2.4 高清晰度多媒体接口 HDMI	11
1.2.5 DP 接口	12
1.2.6 数字音视频交互接口 DiiVA	14
1.3 发展平板显示产业	14
1.3.1 平板显示产业的特点	14
1.3.2 平板显示产业发展目标	16
1.3.3 平板显示产业发展战略措施	16
思考题和习题	18
第2章 液晶显示	19
2.1 液晶显示器	19
2.1.1 液晶显示原理	19
2.1.2 液晶显示驱动	21
2.1.3 LCD 组件	23
2.1.4 与 LCD 组件相配的控制芯片	24
2.1.5 面板技术	27
2.2 背光源	29
2.2.1 背光源的结构	29
2.2.2 CCFL 与 LED	30
2.2.3 背光调节技术	31
2.3 液晶显示器产业链	32
2.3.1 玻璃基板	32
2.3.2 彩色滤色膜和 ITO 膜	33
2.3.3 偏振片	35

2.3.4 我国液晶显示器生产	36
思考题和习题	37
第3章 等离子体显示	38
3.1 PDP 的分类	38
3.1.1 ACPDP 和 DCPDP	38
3.1.2 表面放电式 ACPDP	39
3.2 PDP 的彩色和灰度显示	40
3.2.1 ADS 技术	40
3.2.2 CLEAR 方式	41
3.2.3 ALIS 技术	42
3.2.4 PDP 的新技术	43
3.3 PDP 显示器	43
3.3.1 PDP 驱动电路	43
3.3.2 能量恢复电路	45
3.3.3 PDP 显示器特点	46
3.4 PDP 显示器产业链	46
3.4.1 玻璃基片	47
3.4.2 厚膜浆料	47
3.4.3 我国的等离子显示器件生产	49
思考题和习题	50
第4章 有机电致发光显示	51
4.1 OLED 显示简介	51
4.1.1 OLED 的结构	51
4.1.2 OLED 分类	51
4.1.3 OLED 的彩色化	52
4.1.4 阴极障壁技术	53
4.2 OLED 的动态驱动	54
4.2.1 概述	54
4.2.2 灰度控制	54
4.2.3 预充电电压	55
4.2.4 动态驱动	56
4.2.5 OLED 显示驱动芯片	57
4.3 AM - OLED	59
4.3.1 有源驱动与无源驱动的比较	59
4.3.2 低温多晶硅 TFT 技术	60
4.3.3 AM - OLED 的像素电路	62
4.4 新型有机发光二极管显示技术	63
4.4.1 磷光三线态 OLED	64
4.4.2 白光 OLED	64

4.4.3	OLED 其他新技术	65
4.5	我国 OLED 的发展	66
	思考题和习题	68
第 5 章	场致发射显示	69
5.1	概述	69
5.1.1	场致发射显示原理	69
5.1.2	场致发射特点	70
5.2	Spindt 场致发射阵列	71
5.2.1	金属微尖场致发射阵列	71
5.2.2	Spindt FED 亮度的稳定性和均匀性	71
5.2.3	Spindt FED 的军事应用举例	72
5.3	碳纳米管场致发射	73
5.3.1	碳纳米管简介	73
5.3.2	碳纳米管发射特性	73
5.3.3	CNT - FED 结构	74
5.4	表面传导电子发射显示器	75
5.4.1	SED 原理	75
5.4.2	SED 特点	76
	思考题和习题	76
第 6 章	投影显示技术	77
6.1	调制型投影显示	77
6.1.1	调制型投影显示系统的组成	77
6.1.2	光源	78
6.1.3	照明光学系统	80
6.1.4	分色/合色器件	82
6.2	液晶投影	84
6.2.1	液晶投影的分类	84
6.2.2	液晶投影的显示驱动电路	86
6.2.3	硅基液晶显示技术	88
6.2.4	液晶投影的特点	90
6.3	数字式光处理技术	91
6.3.1	DMD 器件	91
6.3.2	单片式 DLP 投影光学系统	93
6.3.3	三片式 DLP 投影光学系统	95
6.4	激光显示	96
6.4.1	采用面阵空间光调制器的投影成像显示	96
6.4.2	基于扫描的激光投影显示	97
6.5	微投影技术	98
	思考题和习题	99

第7章 3D显示技术	100
7.1 概述	100
7.1.1 立体视觉机理	100
7.1.2 3D显示系统组成	101
7.1.3 3D显示分类	102
7.1.4 3D显示的应用	103
7.2 眼镜式3D显示	105
7.2.1 色差式3D技术	105
7.2.2 主动快门式3D技术	106
7.2.3 偏光式3D技术	107
7.3 裸眼3D显示	108
7.3.1 视差照明技术	108
7.3.2 视差障栅技术	110
7.3.3 柱面透镜技术	111
7.3.4 头部跟踪显示技术	112
7.3.5 裸眼3D显示新技术	113
7.3.6 体积显示	114
7.4 3D显示的性能和问题	116
7.4.1 3D显示的特有性能	116
7.4.2 视觉疲劳和不适感	118
7.5 3D图像数据压缩和传输	119
7.5.1 MPEG-2的多视类	119
7.5.2 采用“二维+深度信息”编码	120
7.5.3 立体电视传输方法	121
思考题和习题	123
附录 缩略词与名词索引	124
参考文献	128

第1章 平板显示

1.1 概述

平板显示器(FPD, Flat Panel Display)是指显示屏对角线的长度与整机厚度之比大于4:1的显示器。除了CRT显示器之外,各种显示器都是平板显示器。

1.1.1 显示器的组成

图1-1是显示器组成方框图,图中显示器件是将电信号转变为光信号的电光效应器件,也称为显示屏(Panel)。显示器件、驱动电路和辅助光学系统往往制作成一个整体,称为显示组件。信号处理控制电路将去隔行处理、帧频变换、图像缩放、彩色空间变换和屏幕显示(On Screen Display, OSD)等信号处理功能都集成在一起,成为一种单片式控制芯片,这类芯片和LCD组件就能构成一个显示器。显示器外接一个电视盒,就成为一台电视机。本书只介绍显示器,电视机与显示器的主要区别就是多了电视盒中的那些电路,即高频头、中频解调和视频解码电路。

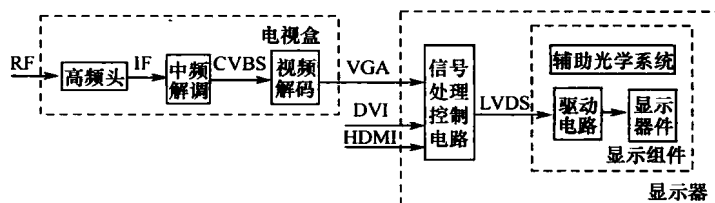


图1-1 显示器组成方框图

最普通的显示器只有VGA接口,可以接收计算机显卡发出的信号,作为计算机的显示终端;也可以接电视盒作电视机用,电视盒一般有VGA转接口,可接计算机,由遥控器选择显示器的用途。档次高的显示器还带有DVI、HDMI等数字接口,用来显示各种数字音、视频源。多媒体显示器则具有多种模拟和数字接口以适应各种视频源。

1.1.2 显示器的分类

1. 按光学方式分类

(1) 直观式:图像直接显示在显示屏上,CRT(Cathode Ray Tube,阴极射线管)显示器、LCD(Liquid Crystal Display,液晶显示器)、PDP(Plasma display Panel,等离子体显示屏)、LED(Light Emitting Diode,发光二极管)显示器、OLED(Organic Light Emitting Display,有机发光显示器)、SED(Surface-conduction Electron Emitter Display,表面传导电子发射显示器)等属于这一种。

(2) 投影式:把显示器件生成的较小图像源,通过透镜等光学系统放大投影于屏幕上的方式。投影式又分正投式与背投式两种。观看者与图像源在屏幕的同一侧叫正投式,其优点是光损耗少,较亮,但是使用、安装不方便,如 LCD 投影机;图像源在屏幕之后,观看者观看屏幕的透射图像叫背投式,如 CRT 或 LCD 家用投影电视机。

投影式显示器的主要优点是屏幕尺寸可以较大,但屏幕尺寸越大,全屏亮度会降低,全屏亮度、色度不均匀性也会增大,同时由投影系统造成的图像几何失真、失会聚等也会增大。

(3) 虚拟成像式:利用光学系统把来自图像源的像形成于空间的方式。在这种情况下,人眼看到的是一个放大的虚像,与平时通过放大镜观物类似。属于这类显示的是头盔显示器(Head Mounted Display, HMD)。

2. 按发光类型分类

显示器可分为主动发光型显示和被动发光型显示两大类。主动发光型显示器的光亮度是由显示屏本身发出的,显示屏上的光亮度大多由电子束或紫外线激发荧光粉发光,其主要优点是重显图像的色域覆盖率高、可视角宽、响应时间短。被动发光型显示器的显示屏本身并不发光,而是依靠外来光透射或反射而发光。

主动发光型显示器有 CRT、PDP、SED、OLED 等;被动发光型显示器有 LCD、LCD 投影显示器(LCD Projection Type Display)、硅基液晶(Liquid Crystal on Silicon, LCoS)显示器、数字式光处理(Digital Light Processing, DLP)显示器等。

3. 按寻址方式区分

显示器可分为电子束扫描寻址方式和数字寻址方式。

电子束扫描寻址是在同步信号控制下利用电子束沿水平和垂直方向作匀速直线运动而寻址。电子束扫描寻址方式的优点是简单,但由此造成的图像几何失真、散焦、失会聚等会增大。CRT 显示器为电子束扫描寻址。

数字寻址是在同步信号控制下利用行、列脉冲信号逐点、逐列、逐行开启像素来寻址。数字寻址的优点是图像重显无几何失真、无散焦和失会聚问题,图像重显不受地磁场影响,但其寻址电路复杂,例如 LCD、PDP、DLP、LCoS 和 SED 等显示器。

4. 按图像信号的激励方式分类

显示器分为模拟信号激励方式和数字/模拟激励方式。

模拟信号激励方式是把数字信号通过数/模变换器变为模拟信号驱动显示器,如 CRT 显示器,其终端激励器为模拟信号放大器。

LCD、LCD 投影显示器、LCoS 投影显示器和 SED 等显示器采用数字/模拟激励方式,外部激励信号仍是离散的数字信号,数字信号在 DAC 变换电路中,完成数/模转换,对显示单元的激励则是一个反映图像灰度的模拟量,因此这种激励方式属于数/模相结合的激励方式。

5. 按用途分类

(1) PC 机专用显示器:主要显示字符、文字、图形和动画等,采用短余辉荧光粉,对色彩和对比度的要求较低,只有单一的 VGA 输入接口。

(2) 多媒体显示器:作为公共显示设备,除了字符、文字、图形,还要显示电视等动态影像,对色彩和对比度的要求较高,有多种模拟和数字输入输出接口,能连接电脑、DVD

播放器、立体声放大器和各种数字接口视听设备。

(3) 监视器:作为公共安全中电视监控的终端设备,要尽可能逼真地还原摄像机拍摄的图像,对色彩的识别能力和还原能力要求很高,不允许影像的色彩有丝毫失真和偏色,监视器要能长时间不间断工作,稳定性可靠性要高,为防止多台监视器并排、叠堆时相互干扰和辐射,常采用全金属外壳。

(4) 电视机:增加了用于接收模拟地面广播或有线电视的高频头、中频解调和视频解码电路,这部分电路在用机顶盒接收数字电视时不用。电视机主要考虑如何满足人眼的视觉效果,让输入电视信号中存在的各种缺陷不在显示屏图像中表现出来,采用了各种自动控制补偿电路。

1.1.3 显示器的主要参数

1. 图像分辨率

图像分辨率是显示器分辨图像细节的能力,以水平和垂直方向有效像素数点阵数衡量。我国的 SDTV (Standard Definition Television, 标准清晰度电视) 图像分辨率为 720 (水平) \times 576 (垂直) 点阵; HDTV (High Definition Television, 高清晰度电视) 图像分辨率为 1920 (水平) \times 1080 (垂直) 点阵。

显示器用得最多的是计算机的显示终端,按照计算机显示终端的分辨率标准,分为 SVGA、XGA、SXGA、UXGA 等几种规格。

(1) SVGA 的含义是超级视频图形阵列 (Super Video Graphics Array), 它的最小分辨率为 800 \times 600 个像素,比较适用于 15 英寸的显示屏。随着屏幕尺寸加大,必须要求增多扫描线,扩展每条线上的像素才能保证高质量的图像。

(2) XGA 的含义是扩展图形阵列 (Extended Graphics Array), 它的分辨率为 1024 \times 768 个像素,特别适用于 17 英寸和 19 英寸显示屏。

(3) SXGA 的含义是超级扩展图形阵列 (Super Extended Graphics Array), 其分辨率为 1280 \times 1024 个像素,适用于 21 英寸和 25 英寸显示屏,也达到了高清晰度电视的要求。

(4) UXGA 的含义是特级扩展图形阵列 (Ultra Extended Graphics Array), 其分辨率为 1600 \times 1200 个像素,是目前 PC 机显示终端最新和最高的标准,通常用于高级工程设计和艺术制图,一般适用于 30 英寸或以上的显示屏。

前缀 W (Wide) 常用来表示加宽格式,如 WUXGA 是加宽 UXGA 格式。

2. 图像清晰度

图像清晰度是人眼能察觉到的电视图像细节清晰程度,用电视线表示。一般从水平和垂直两个方向描述,1 电视线与垂直方向上 1 个有效扫描行的高度相对应。

我国 SDTV 规定水平和垂直图像清晰度值大于等于 450 电视线, HDTV 规定水平和垂直图像清晰度值大于等于 720 电视线。

我国 SDTV 画面的有效扫描行数为 576, HDTV 画面的有效扫描行数为 1080, 观看 SDTV 和 HDTV 电视图像时,距电视屏的距离分别约为屏幕高度的 5 倍和 3 倍时,能把电视图像在垂直方向上的细节看清楚,这样的距离也是观看 SDTV 和 HDTV 图像的最佳距离。

人眼在水平方向上分辨图像细节的能力与在垂直方向上相当。我国 SDTV 系统有

效扫描行数为 576,如果显示器的宽高比分别为 4:3 和 16:9,为在垂直与水平方向上同时都能看到最清晰的图像细节,则水平方向有效像素数应分别为 $576 \times 4/3 = 768$ 和 $576 \times 16/9 = 1024$ 。可见目前 SDTV 在水平方向上只有 720 个有效像素的数量偏低,对于越来越多的 16:9 屏,更是偏低,而 HDTV 则不存在这个问题。这是因为 HDTV 显示器的宽高比为 16:9,与 1080 有效扫描行相当的水平方向有效像素数为 1920,HDTV 标准与此相符。

图像垂直清晰度的理论上限值为 1 帧图像的有效扫描行数,水平方向有效像素数需乘以 3/4 才能换算成电视线数。我国 SDTV 和 HDTV 系统水平方向有效像素数分别为 720 和 1920 个,若分别显示 4:3 和 16:9 图像,则分别相当于 540 和 1080 电视行,因而水平清晰度的理论上限值分别为 540 和 1080 电视线。若把图像宽高比为 4:3 的 SDTV 信号拉扁显示成 16:9 图像,则水平清晰度只有 $720 \times 9/16 = 405$ 电视线了。

3. 对比度

对比度是表征在一定的环境光照射下,物体最亮部分的亮度与最暗部分亮度之比。显示器的对比度是指在同一幅图像中,显示图像最亮部分的亮度和最暗部分的亮度之比。对比度越高,重显图像的层次越多,图像越清晰。通常对比度为 1000:1 ~ 1500:1。

4. 亮度

亮度是指发光物体的明亮程度,是人眼对发光器件的主观感受。在显示器中亮度是表征图像亮暗的程度,是指在正常显示图像质量的条件下,重显大面积明亮图像的能力。亮度的单位为坎德拉每平方米 (cd/m^2),旧称为尼特 (nit)。通常亮度为 (250 ~ 500) cd/m^2 。

5. 可视角

我们在观看 LCD、PDP、DLP、LCoS 显示器时,会发现观看位置不同,看到的电视图像的亮度、对比度、图像的层次感及图像颜色会发生变化,偏离屏幕中心位置越大,则图像变化越严重,甚至看不清楚图像,颜色发生严重畸形。因此对这些显示器而言,在观看图像时,有一个适宜观看的角度范围,该角度范围称为可视角。为了方便,可视角是指水平和垂直方向上的可视角。

在国际电工委员会公布的 IEC 60107 -1 规定了可视角的定义,即在屏幕中心的亮度减小到最大亮度的 1/3 时(也可以是 1/2 或 1/10 时)的水平和垂直方向的视角。

6. 响应时间

响应时间是用来描述显示器件的字段或像素亮度变化相对于激励信号变化反应快慢的一组参数,它包括开启时间 (turn-on time)、关断时间 (turn-off time)、上升时间 (rise time) 和下降时间 (fall time)。通常响应时间为 (5 ~ 20) ms。

7. 像素缺陷

现在市场上销售的平板显示器,包括 LCD 显示器、PDP 显示器、LCD 背投影显示器、DLP 背投影显示器、LCoS 背投影显示器都是以像素显示图像,它们的像素数都是相对固定的,例如:720 × 576、1280 × 720、1366 × 768、1920 × 1080 像素等,每个像素点都是以 R、G、B 三个基色点构成,可以显示全部的颜色,并以寻址方式显示图像,而不像 CRT 电视机那样,采用可变扫描方式显示图像。因此这种以像素成像的显示器,称为固有分辨率显示器。

这些以像素显示图像的显示器在数百万个像素点中,可能出现像素缺陷(又称为坏点)。

像素缺陷是指显示器在正常工作状态时,显示器的屏幕上不能正常显示图像的像素点,一般分为亮点和暗点。亮点又称为不熄灭点,是指屏幕无论在黑色背景下,还是在白色背景下,永不熄灭的白亮点、闪亮点和带颜色的亮点,包括绿亮点、红亮点、蓝亮点、黄亮点、青亮点、品红亮点等。特别是白亮点、绿亮点、黄亮点在黑色或灰色背景下,人眼对其比较敏感,令人讨厌。暗点又称为不发光点,是指在白色或灰色背景下,显示出黑色点、灰色点等。

像素缺陷规定中将显示屏幕分为 A 区和 B 区,如图 1-2 所示。图中 W 是显示屏宽度, H 是显示屏高度。

LCD 显示器像素缺陷要求:A 区内不发光点缺陷小于等于 2 个,(A+B)区内不发光点缺陷小于等于 8 个,在 $1/9$ 屏高 $\times 1/9$ 屏宽的面积内不能出现 2 个绿或白不发光点;A 区内没有白发光点或绿发光点,红、蓝或其他色发光点小于等于 1 个,(A+B)区内不熄灭点小于等于 2 个,在 $1/9$ 屏高 $\times 1/9$ 屏宽的面积内不能出现 2 个绿或白发光点。

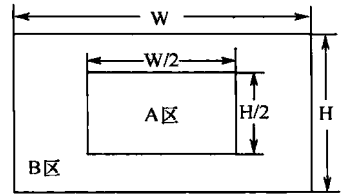


图 1-2 显示屏幕的 A 区和 B 区示意图

PDP 显示器像素缺陷要求:A 区内不发光点缺陷小于等于 2 个,(A+B)区内不发光点缺陷小于等于 8 个,在 $1/9$ 屏高 $\times 1/9$ 屏宽的面积内不能出现 2 个不发光点;A 区内没有白发光点或绿发光点,红、蓝或其他色发光点小于等于 2 个,(A+B)区内不熄灭点小于等于 4 个,在 $1/9$ 屏高 $\times 1/9$ 屏宽的面积内不能出现 2 个绿或白发光点。

计算机用显示器与数字电视用显示器的要求是有差异的,计算机用显示器对图像清晰度和像素缺陷的要求降低。

1.2 平板显示常用接口

1.2.1 模拟信号接口

1. A/V 接口

常称 A/V 端子。它是由 3 个独立的 RCA 插头(RCA jack,又叫莲花插头)组成的。RCA 连接器如图 1-3 所示。其中的 V 接口连接复合视频信号 CVBS,(Composite Video Burst Sync)为黄色插口;L 接口连接左声道声音信号,为白色插口;R 接口连接右声道声音信号,为红色插口。

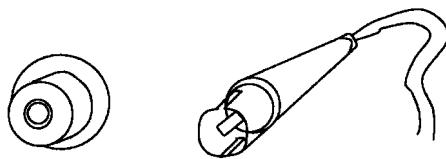


图 1-3 RCA 连接器

2. S 端信号接口

常称为亮色分离接口、超级视频端子(Super Video)、S Video、S-VHS。S 端子使用专用的五芯连接线、结构独特的 4 针插头 MINI DIN(1:Y 回线;2:C 回线;3:Y;4:C)。如图 1-4 所示,由于 S 端子传输的视频信号保真度比 V 端子的更高,用 S 端子连接到的视频设备,其水平清晰度最高可达(400~480)线。

3. 分量信号接口

常称为 Y、P_B、P_R 分量色差端子。分量色差端子使用三条电缆,亮度信号 Y、色差信号 R-Y 和 B-Y,采用 RCA 连接器,Y,绿色;P_R,红色;P_B,蓝色。通过分量色差端子还原的图像水平清晰度比 S 端子更高。

4. 基色信号接口

常称为 R、G、B 三基色端子。R、G、B 三基色端子比分量色差端子效果更好。在视频播放机中将图像信号转化为独立的 RGB 三种基色,直接通过 R、G、B 端子输入电视机或显示器中作为显像管的激励信号。由于省去了许多转换、处理电路直接连接,可以得到比分量色差端子更高的保真度。接口采用 RCA 连接器,R:红色;G:绿色;B:蓝色。

5. VGA 接口

常称为 VGA 端子、SVGA 端子。VGA 是计算机系统中显示器的一种常用显示类型,其分辨率为 640×480,SVGA 端子分辨率可以达到 1024×768。二者都使用标准的 15 针专用插口 D-Sub-15(1:R;2:G;3:B;5:DDC 地;6:R 地;7:G 地;8:B 地;10:逻辑地;12:SDA;13:行同步;14:场同步;15:SCL)。如图 1-5 所示,只是传输的信号规格不一样。具有 VGA 输入端子的平板显示器,可以用作计算机的显示器。

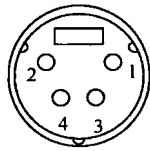


图 1-4 MINI DIN 插座

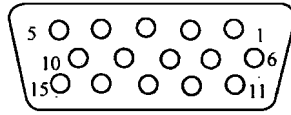


图 1-5 D-SUB-15 插座

1.2.2 低摆幅差分信号接口 LVDS

LVDS(Low Voltage Differential Signaling)是一种低摆幅差分信号技术,驱动器有一个差分对管驱动的输出为 3.5mA 的电流源。接收端直流输入阻抗很高,驱动电流通过 100Ω 终接电阻在接收器输入端产生约 350mV 的电压。当驱动部分切换时,通过电阻的电流方向改变,从而改变逻辑状态。图 1-6 是 LVDS 驱动和接收器示意图。

线驱动器的电源电压 3.3V,最大输出阻抗为 100Ω,输出共模电压为 1.125V~1.375V,输出差分信号幅度为 250mV~450mV,当驱动器具有 100Ω 负载且在 20%~80% 峰值间测量,上升和下降时间小于 $T/7$,上升与下降时间差不超过 $T/20$, T 为时钟周期。

线接收器输入阻抗 90Ω~132Ω,最大输入信号(峰峰值)2.0V,最小输入信号(峰峰值)100mV。差分传输有共模抑制功能,电流驱动不易产生振铃现象和切换尖峰信号,更降低了噪声,就能用低的信号电压摆幅,可以提高数据传输率和降低功耗。LVDS 允许数据以每秒数百兆位的速率传输,DVB 的 SPI(Synchronous Parallel Interface,同步并行口接)

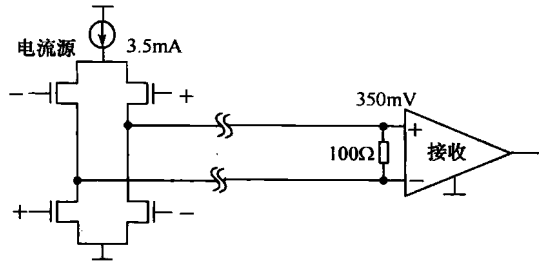


图 1-6 LVDS 驱动和接收器示意图

也采用 LVDS。

美国国家半导体公司(National Semiconductor, NS)推出的 Open LDI(LVDS Display Interface, LVDS 显示接口)标准在笔记本电脑中得到了广泛应用,绝大多数笔记本电脑的 LCD 显示屏与主机板之间的连接接口都采用了 Open LDI 标准。Open LDI 接口标准具有高效率、低功耗、高速、低成本、低杂波干扰、可支持较高分辨率等优点, LCD 组件接口也采用 Open LDI 标准。

LCD 组件接口第 1 通道有 4 对数据 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 和一对时钟 CLK_1 , 第 2 通道有 4 对数据 A_4 、 A_5 、 A_6 、 A_7 和一对时钟 CLK_2 。图 1-7 是 LDI 接口 LVDS 信号与显示数据的映射关系,第 1 通道传送的 RGB 数据的第 1 个下标为 1,为奇像素数据;第 2 通道传送的 RGB 数据的第 1 个下标为 2,为偶像素数据。 H_s 为水平同步, V_s 为垂直同步, DE 为数据允许, RES(Reserved)为保留。

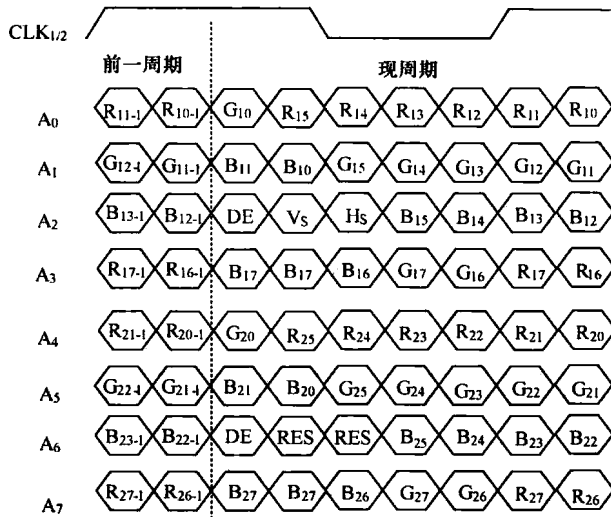


图 1-7 LDI 接口 LVDS 信号与显示数据的映射关系

1.2.3 数字显示接口 DVI 和 HDCP

1. DVI 接口

DVI(Digital Visual Interface, 数字显示接口)是由 Silicon Image、Intel、Compaq、IBM、HP、NEC、Fujitsu 等公司共同组成的 DDWG(Digital Display Working Group, 数字显示工作

组)推出的标准,采用 TMDS(Transition Minimized Differential Signaling,瞬变最少化差分信号)作为基本电气连接,这里瞬变是指信号从“0”变成“1”或从“1”变成“0”。瞬变最少使得电磁干扰最少。

DVI 接口常用在信源管理主机与显示器之间传送显示信息,是显示器的主要输入接口。DVI 接口中显示信息通过 3 个数据信道(DATA0 ~ DATA2)输出,同时还有一个信道用来传送同步时钟信号。每一个信道中数据以差分信号方式传输,电源电压 $V_{DD} = 3.3V$,输出差分电压为 $150mV \sim 1560mV$,输出共模电压为 $V_{DD} - 0.3V \sim V_{DD} - 0.037V$,输出电压的上升和下降时间为 $1.9ns$ 。由于数据接收中识别的都是差分信号,传输电缆长度对信号影响较小,可以实现较远距离的数据传输。在 DVI 标准中对接口的物理方式、电气指标、时钟方式、编码方式、传输方式、数据格式等进行了严格的定义和规范。

DVI 标准采用 D 型 24 针连接器,引脚定义如表 1-1 所示。表中 DDC (Display Data Channel,显示数据通道)是 VESA(Video Electronics Standards Association,视频电子标准协会)定义的显示器与图形主机通信的通道,主机可以利用 DDC 通道从液晶显示器只读存储器中获取显示器分辨率参数,根据参数调整其输出信号。DDC 通道所使用的通信协议遵循 VESA 制定的 EDID(Extended Display Identification Data,扩展显示识别数据)规范,DDC 通道是低速双向通信 I²C 总线,这个 I²C 总线接口称为 I²C 从接口;还有一个 I²C 主接口,是芯片与存储密码的 E²PROM 之间的通信接口。表 1-2 是 TMDS 通道传送的像素数据映射表,在 DE = 1 的有效显示时间内 3 个通道传送像素数据;在 DE = 0 的消隐期间 3 个通道传送 H_s、V_s和自定义信号 CTL0 ~ 3。

表 1-1 DVI 标准连接器引脚定义

1	TMDS DATA2 -	9	TMDS DATA1 -	17	TMDS DATA0 -
2	TMDS DATA2 +	10	TMDS DATA1 +	18	TMDS DATA0 +
3	地	11	地	19	地
4	未定义	12	未定义	20	未定义
5	未定义	13	未定义	21	未定义
6	DDC CLOCK	14	+5V DC	22	地
7	DDC DATA	15	地	23	TMDS CLOCK -
8	未定义	16	未定义	24	TMDS CLOCK +

表 1-2 TMDS 通道传送的像素数据映射表

像素数据(DE = 1)	TMDS 通道	平板显示器数据
R(7 ~ 0)	2	QE(23 ~ 16), QO(23 ~ 16)
G(7 ~ 0)	1	QE(15 ~ 8), QO(15 ~ 8)
B(7 ~ 0)	0	QE(7 ~ 0), QO(7 ~ 0)
控制数据(DE = 0)	TMDS 通道	平板显示器信号
CTL(3 ~ 2)	2	CTL(3 ~ 2)
CTL(1 ~ 0)	1	CTL(1 ~ 0)
H _s , V _s	0	H _s , V _s

当像素显示数据超过 3×8 位或最高像素频率超过单通道 DVI 接口传输能力 (165MHz) 时可采用双通道 DVI 接口。双通道 DVI 接口增加 3 个数据信道 (DATA3 ~ DATA5), 仍采用 D 型 24 针连接器, 引脚定义如表 1-3 中 1~7, 9~24 所示。

DVI 规范不仅允许传送同步信号和数字视频信号, 还可传送模拟 RGB 信号, 在某些情况下可以省去需要准备的另一条连接线。这时, DVI 连接器除了平时的 24 针连接之外, 还要增加一个接地端 C5, 其四周还有 C1 ~ C4 针脚, 如图 1-8 所示。配有 C1 ~ C5 针脚的 DVI 接口称为 DVI-I, 没有这些连接的则称为 DVI-D。表 1-3 是 DVI-I 连接器引脚定义。

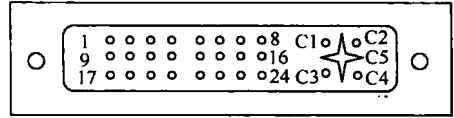


图 1-8 DVI-I 连接器示意图

有 C1 ~ C5 针脚的 DVI 接口称为 DVI-I, 没有这些连接的则称为 DVI-D。表 1-3 是 DVI-I 连接器引脚定义。

表 1-3 DVI-I 连接器引脚定义

1	TMDS DATA2 -	9	TMDS DATA1 -	17	TMDS DATA0 -	C1	R
2	TMDS DATA2 +	10	TMDS DATA1 +	18	TMDS DATA0 +	C2	G
3	信道 2/4 屏蔽	11	信道 1/3 屏蔽	19	信道 0/5 屏蔽	C3	B
4	TMDS DATA4 -	12	TMDS DATA3 -	20	TMDS DATA5 -	C4	H _s
5	TMDS DATA4 +	13	TMDS DATA3 +	21	TMDS DATA5 +	C5	地
6	DDC CLOCK	14	+5V DC	22	CLOCK 屏蔽		
7	DDC DATA	15	地	23	TMDS CLOCK -		
8	模拟 V _s	16	热插拔检测	24	TMDS CLOCK +		

DVI 具有分辨率自动识别和缩放功能。由于平板电视机大多采用数字寻址, 数字输入信号激励, 逐行、逐点显示方式, 不同分辨率的图像信号, 都需要先将其变换到与平板电视机物理分辨率相同的状态, 才能正常显示。例如一台物理分辨率为 1366×768 的液晶电视机显示格式, 当输入图像格式为 1920×1080 时, 必须先将其变换为 1366×768 的信号格式再进行显示; 如果输入信号格式为 852×480 , 则需要先将其信号格式变换到 1366×768 显示格式, 才能进行显示。DVI 规范能对图像信号的分辨率进行识别和准确的缩放, 以满足平板显示器的显示格式, 只要该平板电视机兼容 DVI 规范, 就可以不用担心信号分辨率与显示器分辨率之间的差别, DVI 能以缩放方法来进行输入信号的缩放处理, 使最终显示的图像能恰到好处地布满整个屏幕, 并具有本显示屏最佳清晰度。

DVI 接口主要缺点有: 体积大, 不适用于便携式设备; 只能传输数字 R、G、B 基色信号, 不支持分量信号 Y、P_R、P_B 传输; 不能传输数字音频信号。

2. HDCP

DVI 支持 HDCP (High-bandwidth Digital Content Protection, 宽带数字内容保护)。HDCP 对 DVI 接口传送的内容进行加密, 防止 DVI 接口传送的内容被复制或非法使用。数据的加密在 DVI 发送的输入端进行, 数据的解密在 DVI 接收的输出端进行, 如图 1-9 所示。所以 DVI 链路的带宽不受 HDCP 影响。

HDCP 能保护知识产权, 得到好莱坞演播室、卫星电视节目供应商、有线电视节目供应商的广泛支持。

HDCP 的基本原理是首先给接收设备授权, 并提供一个密钥, 用来打开传送来的保密

盒,盒内装有需要保护的数字信号内容。如果接收设备没有被授权,就无法打开装有需要保护的数字信号内容。这样一来,不支持 HDCP 协议的显示器无法正常播放有版权保护的高清晰度电视节目,有版权保护的高清晰度电视节目只能在被授权的、支持 HDCP 协议的设备上正常播放。未被授权的、不支持 HDCP 协议的设备上,只能看到黑屏显示或低画质显示,清晰度只有正常显示的 1/4,失去高清晰度电视节目的价值。

在计算机平台上受到 HDCP 技术保护的数据内容输出时,先由操作系统中的 COPP 驱动(认证输出保护协议)首先验证显卡,只有合法的显卡才能实现内容输出,随后要认证显示设备的密钥,只有符合 HDCP 要求的设备才可以最终显示显卡传送来的内容。HDCP 传输过程中,发送端和接收端都存储一个可用密钥集,这些密钥都是秘密存储,发送端和接收端都根据密钥进行加密解密运算,这样的运算中还要加入一个特别值 KSV (Key Selection Vector, 密钥选择矢量)。同时 HDCP 的每个设备会有一个唯一的 KSV 序列号,发送端和接收端的密码处理单元会核对对方的 KSV 值,以确保连接是合法的。

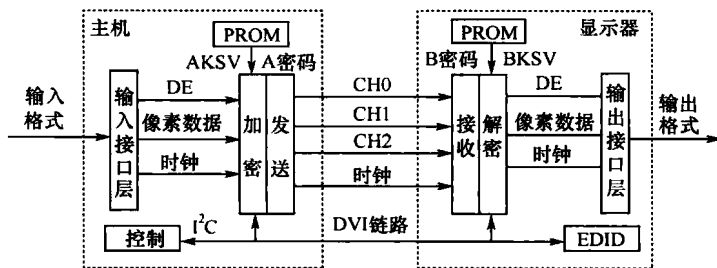


图 1-9 HDCP 与 DVI 链路

HDCP 的加密过程会对每个像素进行处理,使得画面变得毫无规律、无法识别,只有确认同步后的发送端和接收端才可能进行逆向处理,完成数据的还原。在解密过程中,HDCP 系统会每 2s 进行一次连接确认,同时每 128 帧画面进行一次发送端和接收端同步识别,确保连接的同步。为了应对密钥泄漏的情况,HDCP 特别建立了“撤销密钥”机制。每个设备的密钥集 KSV 值都是唯一的,HDCP 系统会在收到 KSV 值后在撤销列表中进行比较和查找,出现在撤销列表中的 KSV 将被认作非法,导致认证过程的失败。这里的撤销密钥列表将包含在 HDCP 对应的多媒体数据中,并将自动更新。

可见要想在计算机和数字电视接收机上播放有版权保护的高清节目,不论是高清晰度电视(HDTV)节目、蓝光 DVD,还是 HDDVD 碟片,都要求显示器和显卡支持 HDCP 协议。由于高清晰度电视节目会逐渐普及,为防止盗版,保护节目制作者的合法利益,HDCP 的大量应用已成定局,因此支持 HDCP 协议的显示设备也会越来越多。当然,HDCP 不是开放标准,必须交纳版权费及专利费才可使用,即嵌入 HDCP 并通过认证都是要花成本的。

要支持 HDCP 协议,必须使用 DVI、HDMI 等数字视频接口,传统的 VGA、RGB 等模拟信号接口无法支持 HDCP 协议。当使用 VGA、RGB 等模拟信号接口时,画面就会下降为低画质,或者提示无法播放,从而也会失去高清晰度电视节目的意义。通常在 HDMI 接口内都嵌入了 HDCP 协议,即有 HDMI 接口的显示器都支持 HDCP 协议。但并不是带 DVI 接口的显示器都支持 HDCP 协议,必须经过相应的硬件芯片,通过认证的带 DVI 接口的