

第 1 章 图像解析与显示

图像扫描是产生图像视觉的关键技术,也是学习和掌握图像传感器,利用图像传感器完成机器视觉检测与识别的关键。本章主要介绍利用各种光电传感器完成对图像信息进行采集的方法,以及还原图像(图像显示)的技术,为学习图像传感器的基本工作原理奠定基础。

如何将场景图像分解(变换)成一维时序信号?如何将一维时序信号还原成图像画面是本章要解决的问题。显然,它包括图像扫描(分解)的基本原理,一维时序信号的特点,电视制式包含的内容,以及图像显示技术等。

1.1 图像解析原理

二维场景只有通过成像物镜(镜头)才能使感光底片感光,将场景图像留于感光胶片上。很多人已经熟知,如何将场景二维空间光强的分布(光学图像)传送出去,以便于更方便地观察、分析与判断其中所需要的信息,以及如何将遥远的图像传送到人们的面前。但其中的工作原理却都不知道。其中包括图像解析(分解)、信号发送、接收与再现等过程。

图像解析是指将二维光强分布的光学图像转变成一维时序电信号的过程。完成图像解析过程的器件常称其为图像传感器,如 CCD 图像传感器。CCD 图像传感器又是如何将通过成像物镜获得的二维光强分布变换成一维时序信号输出的呢?要解决这个问题需要详细了解图像的解析方法与原理。

1.1.1 图像的解析方法

1. 光机扫描图像解析方法

光机扫描图像解析方法是借助于光电传感器完成的,光电传感器有分立的和集成的两类。集成的又分为线阵列与面阵列的,为了便于学习,先讨论单元光电传感器光机扫描方式对图像的解析。

(1) 单元光电传感器光机扫描方式

采用单元光电传感器(包括各种独立光电传感器、热电传感器等)与机械扫描装置相配合可以将一幅完整的图像分解成按行与列方式排列的点元光信息,单元光电传感器将这些点元图像转换成电信息输出 U_{xy} ,其中, x 为图像的行(x)坐标, y 为图像的列(y)坐标。当单元光电传感器以一定的速率做相对于光学图像运动时(如图 1-1 所示的运动),则输出信号电压 U_{xy} 成为光学图像的解析信息(或信号),即信号电压 U_{xy} 解析了光学图像。为此,可以将具有机械扫描装置的单元光电传感器系统称为单元扫描图像传感器。

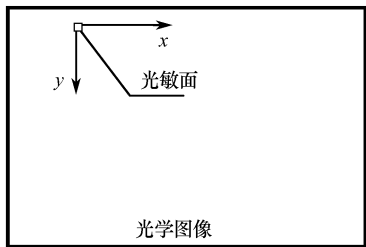


图 1-1 光机扫描方式原理图

显然,单元扫描图像传感器必须具备以下条件。① 单元光电传感器的面积与被扫描图像的面积相比必须很小,才可以将图像分解为一个像元点;② 单元光电传感器必须对图像发出各种波长

的光敏感;③ 单元光电传感器必须相对被分解图像做有规则的周期运动(扫描),且扫描速率应该较图像的变化速率快;

机械扫描机构带动单元光电传感器的光敏面在光学图像上做水平(x)方向高速往返运动的过程称为行扫描。行扫描中,自左向右运动速率较慢,扫描花费的时间(T_{xz})长,称其为行正程时间;自右向左的返回运动速率快,所用时间(T_{xr})短,称其为行逆程时间。在垂直(y)方向所做的扫描为场扫描,自上而下的扫描速率更慢,所用时间(T_{yz})更长,称为场正程扫描;返回的运动是自下而上的,且运动速率较快,所耗时间(T_{yr})较短,称为场逆程时间。上下往返的运动称为场扫描。通常场扫描周期远大于行扫描周期,即在一场扫描周期内要进行多次的行扫描。这样才能使图像在垂直方向上获取更高的分辨率。

规定行、场正程扫描过程中都有输出信号 U_{xy} ,而行、场逆程期间均没有信号输出,以确保图像的质量。在使用 CRT 显示器显示图像时,在行、场逆程期间采用对扫描电子束“消隐”的技术,不使逆程显现扫描亮线,因此,有时也称行逆程为行消隐,场逆程为场消隐。行、场扫描应满足下面两个条件:

① 行周期与场周期满足

$$T_y = nT_x \quad (1-1)$$

式中, T_y 为光敏单元扫描整幅图像的场周期。 T_y 为场正程时间 T_{yz} 与场逆程时间 T_{yr} 之和。同样, T_x 为光敏单元扫描一行图像所用的时间,称为行周期。它由行正程时间 T_{xz} 与逆程时间 T_{xr} 之和构成,即 $T_x = T_{xz} + T_{xr}$ 。其中 n 为一场图像扫描的行数。

② 行、场扫描的时间分配。为将图像分解得更清晰,光敏单元的轨迹将布满整个像面,光敏单元输出的信号是光学图像对应位置的光照强度信号。这常被称为光敏单元对光学图像的解析。为此将光敏单元称为像元(像素),它的输出信号是时间的一元函数(时序信号),因此该光机扫描机构能够将光学图像解析成一维的视频信号输出。

当然,光机扫描方式也可以采用停顿方式进行间断式工作。在 y 方向扫描到某行 y_i 时,暂停 y 方向的扫描,扫描完 x 方向的一行后再启动 y 扫描,光电传感器输出一行的信号后返回到 x 方向的起始位置,启动 y 方向的扫描,再前进一步,进入第 y_{i+1} 行的扫描,再进行一行的扫描与输出,如此往复,完成对整个像面的扫描输出。这种停顿式的扫描方式速度慢,只适用于静止图像的分解、转换,不能用于变化图像的转换和采集工作,但是,它很容易获得更清晰的扫描图像。

单元光电传感器的光机扫描方式的水平分辨率正比于光学图像水平方向的尺寸与光电传感器光敏面在水平方向的尺寸之比。对于尺度较大的图像,一行之内(行正程时间内)输出的像元点数越多,水平分辨率自然也越高。同样,垂直分辨率也正比于光学图像垂直方向的尺寸与光电传感器光敏面在垂直方向的尺寸之比。因此,减小光电传感器的面积是提高光机扫描方式分辨率的有效方法。然而,光电传感器光敏面的减小,扫描点数的提高,使行正程的时间增长,或必须提高行扫描速度(当要求行正程时间不变的情况下),对光机扫描结构设计带来很大的难度。因此,单元光电传感器光机扫描方式的水平分辨率受到扫描速度的限制。提高光机扫描方式分辨率与扫描速度的方法是,采用多元光电自扫描传感器(例如线阵 CCD)构成多元光机扫描方式。

(2) 多元光机扫描方式

采用多个光电传感器,并将其排成一行,构成如图 1-2 所示的多元光机扫描方式。在该方式中,行扫描通过光电传感器的顺序输出完成。在行正程期间,按排列顺序将光电传感器的输出信号取出形成行视频信号。在这种情况下,机械

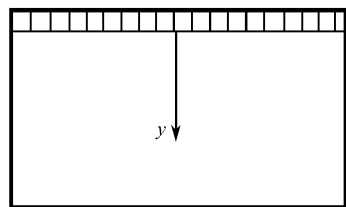


图 1-2 多元光机扫描方式原理图

扫描只需要进行 y 方向的一维扫描便可以将整幅图像转换成视频信号输出,弥补了机械扫描速度慢的缺点,同时减少了双向行扫描带来的繁杂机械扫描机构。

例如,由线阵 CCD 光电传感器构成的图像扫描仪是一个典型的多元光机扫描系统,该系统中线阵 CCD 完成水平方向的自扫描,而 y 方向由步进电机带动光学成像系统完成对整幅图像的扫描运动,再由线阵 CCD 完成对整幅图像的转换与输出。

一些生产线上的质量检测也属于多元光机扫描方式成像的案例,例如玻璃表面瑕疵的检测,大米色选,纺织物品的质量检测等,它们都有一个共同的特点,都能够形成图像输出,都可以利用所成图像完成各种目的的检测。

2. 电子束扫描图像解析方法

电子束扫描方式的传感器是最早应用于图像传感器的,如早期的各种电真空摄像管,真空视像管,以及红外成像系统中的热释电摄像管等。在这种电子束扫描成像方式中,被摄景物图像通过成像物镜成像在摄像管(见图 1-3)的靶面(光电导靶)上,以靶面的电位分布或以靶面的电阻分布形式将面元光强度分布图像信号存于靶面,并通过电子束将其检取出来,形成视频信号。预热后的灯丝发出的电子束在摄像管偏转线圈与聚焦线圈的作用下,进行行扫描与场扫描,完成对整个图像的扫描(或分解)。当然,行扫描与场扫描要遵守一定的规则。电子束摄像管电子扫描系统遵循的规则称为电视制式。

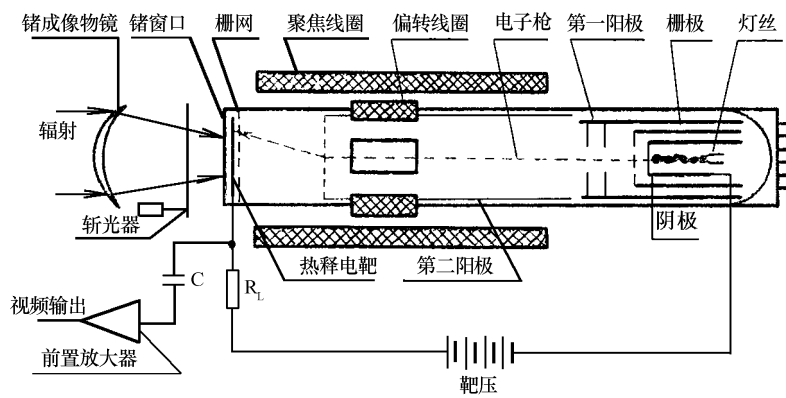


图 1-3 电子束摄像管的结构

电子束扫到靶面某点 (x, y) , 由于该点记录了图像光强分布的信息,而电子束带负电使之在负载电阻 R_L 上产生压降 U_{RL} 经放大器输出成为视频信号。

3. 固体自扫描图像解析方法

固体自扫描图像传感器是 20 世纪 70 年代发展起来的新型图像传感器件,如面阵 CCD 器件,CMOS 图像传感器件等,这类器件本身具有自扫描功能。例如面阵 CCD 固体摄像器件的光敏面能够将成像于其上的光学图像转换成电荷密度分布的电荷图像,它可以在驱动脉冲的作用下按照一定的规则(如电视制式)一行行地输出,形成图像信号(或视频信号)。

上述三种扫描方式中,电子束扫描方式由于电子束摄像管逐渐被固体图像传感器所取代,已逐渐被淘汰。目前光机扫描方式与固体自扫描方式在光电图像传感器中占据主导地位。但是,在有些应用中通过将一些扫描方式组合起来,能够获得性能更为优越的图像传感器。例如,将几个线阵 CCD 图像传感器或几个面阵图像传感器拼接起来,再利用机械扫描机构,形成一个视场更大、分辨率更高的图像传感器,以满足人们探索宇宙奥秘的需要。

1.1.2 图像传感器基本技术参数

图像传感器的基本技术参数一般有以下两种:

1. 与光学成像物镜有关的参数

(1) 成像物镜的焦距 f

成像物镜的焦距决定了被摄景物与光电成像器件的距离,以及所成图像的大小。在物距相同的情况下,焦距越长的物镜所成的像越大。

(2) 相对孔径 D/f

成像物镜的相对孔径为物镜入瞳的直径与其焦距之比。相对孔径的大小决定了物镜的分辨率、像面照度和成像物镜的成像质量。

(3) 视场角 2ω

成像物镜的视场角决定了能在光电图像传感器上成像良好的空间范围。要求成像物镜所成的景物图像要大于图像传感器的有效面积。

以上三个参数是相互制约的,不可能同时提高,在实际应用中要根据情况适当选择。

2. 与光电成像器件有关的参数

(1) 扫描速率

不同的扫描方式有不同的扫描速率要求。例如,单元光机扫描方式的扫描速率由扫描机构在水平和垂直两个方向的运动速率(转动角速率)决定。行扫描速率(行正程) ν_{xz} 取决于光学图像在水平方向的尺寸 A 和行正程时间 T_{xz} ,即

$$\nu_{xz} = A/T_{xz} \quad (1-2)$$

同样,垂直方向的场扫描速率(场正程) ν_{yz} 取决于光学图像在垂直方向的尺寸 B 和场正程时间 T_{yz} ,即

$$\nu_{yz} = B/T_{yz} \quad (1-3)$$

多元光机扫描方式图像传感器的行扫描速率 ν_{xz} 取决于读取一行像元所需的时间 T_H 与一行内像元数 N ,即

$$\nu_{xz} = N/T_H \quad (1-4)$$

对应于线阵 CCD 为行积分时间的倒数。

垂直方向的场扫描速率 ν_{yz} 取决于光学图像在垂直方向的尺寸 B 和场正程时间 T_{yz} ,即

$$\nu_{yz} = B/T_{yz} \quad (1-5)$$

固体自扫描图像传感器的水平扫描速率取决于传感器水平行的像元数与行扫描时间之比;垂直方向的场扫描速率取决于传感器在垂直方向的像元行数与场扫描时间之比。

(2) 分辨率

光机扫描方式图像传感器水平方向的分辨率(解像率) δ 正比于机械扫描长度 A 与光电传感器在水平方向的长度 a 之比,即

$$\delta \propto A/a \quad (1-6)$$

显然,传感器在水平方向的相对长度 a 越小,水平分辨率越高。当然水平分辨率还与成像物镜的水平分辨率有关。对于线阵 CCD 扫描方式,水平分辨率与线阵 CCD 分解图像长度 A 及有效像元数量有关。显然,充分利用线阵 CCD 的像元数是获得最高水平分辨率的有效措施。

垂直分辨率也与光电传感器在垂直方向的长度 b 有关,另外与垂直方向的扫描长度及扫描速率有关。显然,垂直方向扫描速率越低获得的垂直分辨率越高。

固体自扫描图像传感器的水平与垂直分辨率分别与器件本身在两个方向上的分辨率有关。

1.2 图像的显示与电视制式

前面介绍了利用各种扫描方式将光学图像分解成一维视频信号的方法。本节介绍将一维视频信号还原成光学图像的方法,即图像的显示问题。

图像的显示方法很多,采用计算机显示器可以显示各种数字图形与图像;也可以采用发光器件显示各种不同规则(制式)的数字或模拟图形与图像。本节首先介绍电视监视器的图像显示器及其相关的电视制式。

1.2.1 电视监视器的扫描

CRT 电视监视器与 CRT 电视接收机的显示部分原理是相同的,它们都是利用电子束激发具有余辉特性的荧光物质,使其发光来完成电光转换并显示光学图像的。在 CRT 监视器中的电子束在显像管的电磁偏转线圈作用下受洛伦兹力做水平方向和垂直方向的偏转(即行、场两个方向扫描荧光屏)。电子束扫描的同时,视频输出电压控制电子束的强度,使荧光屏的亮度被视频信号调制。

荧光屏的发光强度与视频信号具有如下的函数关系

$$L_v = L(U_o) \quad (1-7)$$

式中, L 为与 CRT 荧光材料有关的电光转换系数, U_o 为遵守电视制式的视频电压信号,在行、场扫描锯齿脉冲的作用下形成电视图像。

电视图像扫描的场扫描常有逐行扫描与隔行扫描两种方式,通过这两种方式能将摄像机景物图像分解成一维全电视信号输出,CRT 接收全电视信号,再将其解码出全电视信息,并分解出行、场同步控制扫描脉冲,最终,将一维全电视信号转换为图像,显示在荧光屏上。而且,摄像机与图像显示器必须遵守同一个扫描制式才能确保完整图像的解析与还原。

1. 逐行扫描

显像管的电子枪装有水平与垂直两个方向的偏转线圈,线圈中分别流过如图 1-4 所示的锯齿波电流,电子束在偏转线圈形成的磁场作用下同时进行水平方向和垂直方向的偏转,完成对显像管荧光屏的扫描。

场扫描电流的周期 T_{vt} 远大于行扫描的周期 T_{ht} ,即电子束从上向下的扫描时间远大于水平方向的扫描时间,在场扫描周期中可以有几百个行扫描周期。而且,场扫描周期中电子束由上向下的扫描为场正程,场正程时间 T_{vt} 远大于电子束从下面返回初始位置的场逆程时间 T_{vr} ,即 $T_{vt} \gg T_{vr}$ 。电子束上下扫一个来回的时间称为场周期,场周期 $T_v = T_{vt} + T_{vr}$ 。场周期的倒数为场频,用 f_v 表示。

定义电子束自左向右的扫描为行正程,即 t_1 时刻到 t_2 时刻的扫描为行正程扫描时间 T_{ht} 。电子束从右返回到左边初始位置的过程称为回扫,或为行逆程。显然,行逆程时间 T_{hr} 为 t_2 到 t_3 的时间。 $T_{ht} \gg T_{hr}$ 。电子束左右扫一个周期的时间称为行周期,行周期 $T_h = T_{ht} + T_{hr}$ 。行周期的倒数为行频,用 f_h 表示。

在行、场扫描电流的同时作用下,电子束受水平偏转力和垂直偏转力的合力作用,进行扫描。

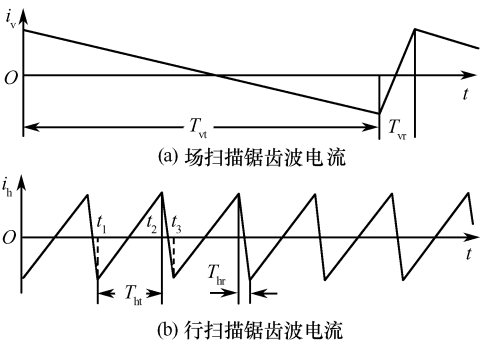


图 1-4 逐行扫描电流波形

由于电子束在水平方向的运动速度远大于垂直方向的运动速度,所以,在屏幕上电子束的运动轨迹为如图 1-5 所示的稍微倾斜的“水平”直线。当然,电子束具有一定的动能,它将使荧光屏发出光点,它的轨迹成为一条条的光栅。逐行扫描的光栅也如图 1-5 中所示。图 1-5 的一场中只有 8 行的“水平”光栅,因此光栅的水平度不高。但是当一场内有几百行时,水平度自然提高。即一场图像由几百行扫描光栅构成。无论是行扫描的逆程,还是场扫描的逆程,都不希望电子束使荧屏发光,即在回扫时不让荧光屏发光,这就要加入行消隐与场消隐脉冲,使电子束在行逆程与场逆程期间截止。实际上,行消隐脉冲的宽度常常稍大于行逆程时间,场消隐脉冲的宽度也稍大于场逆程时间,以确保显示图像的质量。

逐行扫描方式中的每一场都包含着行扫描的整数倍,这样,重复的图像才能稳定地被显示。即要求 $T_v = NT_h$, 或 $f_h = Nf_v$, 其中 N 为正整数。逐行扫描的帧频与场频相等。对人眼来说,图像的重复频率高于 48Hz 的图像分辨不出图像的变化(人眼对高于 48Hz 的图像没有闪烁的感觉),因此要获得稳定的图像,图像的重复频率必须高于 48Hz,即要求场频高于 48Hz。

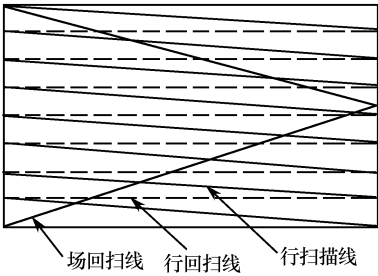


图 1-5 逐行扫描光栅图像

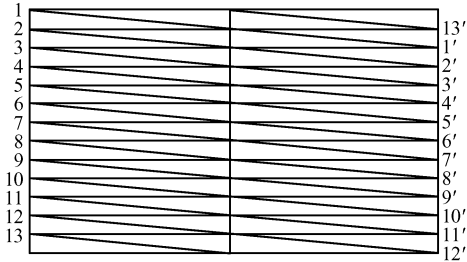


图 1-6 隔行扫描光栅图像

2. 隔行扫描

根据人眼对图像的分辨能力,扫描行数至少应大于 600 行,这对逐行扫描方式来说,行扫描频率必须大于 29kHz 才能保证人眼视觉对图像的最低要求。这样高的行扫描频率,无论对摄像系统还是对显示系统都提出了更高的要求。为了降低行扫描频率,又能保证人眼视觉对图像分辨率及闪耀感的要求,早在 20 世纪初,人们就提出了隔行扫描分解图像和显示图像的方法。

隔行扫描采用如图 1-6 所示的扫描方式,由奇、偶两场构成一帧。奇数场由 1,3,5,...奇数行组成,偶数场由 2,4,6,...偶数行组成,奇、偶两场合成一帧图像。人眼看到的变化频率为场频 f_v ,人眼分辨的图像是一帧,帧行数为场行数的 2 倍。这样,既提高了图像分辨率又降低了行扫描频率,是一种很有实用价值的扫描方式。因此,这种扫描方式一直为电视系统和监视系统所采用。

两场光栅均匀交错叠加是对隔行扫描的基本要求,否则图像的质量将大为降低。因此隔行扫描应满足下面两个条件:

- 第一,下一帧图像的扫描起始点应与上一帧起始点相同,确保各帧扫描光栅重叠;
- 第二,相邻两场光栅必须均匀地镶嵌,确保获得最高的清晰度。

根据第一个条件,每帧扫描的行数应为整数。在各场扫描电流都一样的情况下,要满足第二个条件,每帧均应为奇数,那么每场的扫描行数就要出现半行的情况。我国现行的隔行扫描电视制式就是每帧扫描行数为 625 行,每场扫描行数为 312.5 行。

1.2.2 电视制式

图像传感器与显示器必须遵守同样的规则,才能使扫描(分解)的图像稳定地显示出来。使显示的图像与所分解的图像保持一致。这种规则广泛地应用于广播电视系统,并被称作为电视制式,

所谓电视制式是指用来实现电视图像或声音信号所采用的一种技术标准。电视制式要根据当时科技发展状况(技术条件),并考虑到电网对电视系统的干扰情况,以及人眼对图像的视觉感受等条件进行制定。

世界上有 13 种黑白电视制式,3 大彩色电视制式,兼容后组合成 30 多个不同的电视制式。但是,全球应用最多的是 PAL(Phase Alternating Line)、NTSC(National Television Standards Committee)和 SECAM(Sequential Couleur Avec Memoire)三种电视制式。

(1) PAL 彩色电视制式

PAL 制式又称正交平衡调幅逐行倒相制式,简称 PAL 制式。20 世纪 60 年代由德国研制成功,主要用于我国及西欧各国的彩色电视系统,PAL 电视制式规定每帧图像有 625 行,分为奇偶 2 场,场频为 50Hz,场周期为 20ms,场周期由正程(电子束由上向下扫描)与逆程(电子束由下返回到上端的过程)组成,场正程时间为 18.4ms,场逆程时间为 1.6ms;现在有隔行扫描与逐行扫描两种方式,隔行扫描每场包含 312.5 行,每行由行正程(电子束由左向右扫描)和行逆程(电子束由右返回左侧的过程)构成,行正程时间为 52 μ s,行逆程时间为 12 μ s。彩色电视系统中还有图像的伴音、与色彩信息,其载频带宽为 6.5MHz。

(2) NTSC 彩色电视制式

NTSC 制式又称为正交平衡调幅制,简称 NTSC 制。20 世纪 50 年代由美国研制成功,主要用于北美、日本及东南亚各国的彩色电视制式,该电视制式确定的场频为 60Hz,隔行扫描每帧扫描行数为 525 行,伴音、图像载频带宽为 4.5MHz。

(3) SECAM 彩色电视制式

SECAM 制式又称为行轮换调频制,简称 SECAM 制。该制式于 20 世纪 60 年代由法国研制成功,主要用于法国和东欧各国。其场频为 50Hz,隔行扫描每帧扫描行数为 625 行。

为了接收和处理不同制式的电视信号,也就发展了不同制式的电视接收机和录像机。

1.3 图像显示器的分类

按显示器工作原理分类,主要有阴极射线管显示器(CRT)、场发射显示器(FED)、真空荧光管显示器(VFD)、液晶显示器(LCD)、等离子体显示器(PDP)、电致发光显示器(ELD)、发光二极管显示器(LED)等。

1. CRT 显示器

1897 年德国斯特拉斯堡大学的布来恩发明了 CRT 管,研制出采用布来恩管的示波器。布来恩管利用气体放电现象产生自由电子,借助离子聚焦作用形成细长的电子束。“阴极射线管”能提供聚集在荧光屏上的一束电子,以便形成直径略小于 1mm 的光点。在电子束附近加上磁场或电场,电子束将会偏转,能显示出由电势差产生的静电场,或由电流产生的磁场。

从布来恩发明 CRT 管至今,已有 100 多年的历史,可以说 20 世纪是属于 CRT 显示器时代。

- 其前 50 年几乎只用作观察电子波形,很少有其他实际应用的例子。
- 后 50 年发展到黑白、彩色电视显像管,尤其是电视的快速普及与发展,使它进入快速发展期。
- 最后的 20 多年,计算机与监控系统的发展使它进入突飞猛进的发展阶段。随着电子符号发生器的开发和 IC/LSI 技术的高速发展,CRT 显示器迅速普及,几乎应用到国民经济的各个领域。

CRT 最初在雷达显示器和电子示波器上使用,后来用于电视机和计算机显示终端。如果没有 CRT,就难以迎来现在的电视机、计算机的时代,可以说 CRT 对现代的信息化时代、多媒体时代起到了重要的推动作用。

CRT 显示器虽然具有很高的性价比,比如:可进行大画面高密度显示,可进行全色显示,采用电子束扫描方式,所需要的驱动电极数极少等。但是这类显示器也有很大的缺点,比如:体积大、笨重,驱动电压高,寻址方式不是采用矩阵寻址,导致图像会出现畸变等。因此,CRT 显示器逐渐被性能更好的平板显示器所取代,逐渐退出历史舞台。

2. LCD 显示器

液晶显示器的发展主要经历了以下几个阶段:

1968—1972 年,研制出液晶手表,属于靠液晶反射率的变化显示数码的阶段;

1971—1984 年,TN-LCD 逐渐成熟,因为显示容量小,只能用于笔段式数字显示及简单字符显示;

1985—1990 年,STN-LCD 的发明及 α -Si TFT-LCD 技术的突破,LCD 进入大容量显示的新阶段。笔记本电脑和液晶电视等新产品进入商品化阶段;

1990—1995 年,AM-LCD 获得飞速发展,开始进入高画质显示阶段;

1996 年以后,LCD 在笔记本电脑中普及,TFT-LCD 开始打入监视器的市场,性价比得到大幅度的提高(5 年降价 3/4)。

液晶显示器取得的进展主要表现在以下两个方面:一是实现了低工作电压和低功耗,使之与 COMS 集成电路的耦合成为可能;二是适应了时代的需求——薄型化,而且改进了对比度,通过使用彩色滤光片谋求实现特性优异的彩色显示。

被称为产业之纸的 LCD 与迄今被称为产业之米的集成电路的结合,使 LCD 在 21 世纪继续发展。不论在工业还是民用上,LCD 作为人机交互界面,在显示器中已占据重要地位。

3. LED 显示器

20 世纪 80 年代 LED 逐渐被人们认识,并在显示文字、数字和提示、指示器方面发挥着巨大的作用。进入 21 世纪以来,LED 在产品质量和工艺等方面都取得很大的进展,它的许多特点驱使人们将其应用到图像显示方面,它属于自身发光,又极易组件化的器件,能够构成各种特色化的显示器,因此广泛应用于大规模图形显示领域。2008 年奥运会上 LED 显示技术可以说是大放异彩,推动了 LED 显示技术与设备的快速发展。2010 年世博会突显其威力。

1.4 典型图像显示器

常用的数码照相机和数码摄像机的液晶显示器都是 TFT-LCD,下面着重介绍 TFT-LCD 器件的结构和工作原理。

1.4.1 TFT-LCD 图像显示器简介

1. TFT-LCD 的基本器件结构

如图 1-7 所示为典型 TFT-LCD 液晶显示器的基本结构图,它包括:

① 前框。采用金属或塑胶材质,安装在液晶显示器的最前端,用来保护 LCD 的边缘,防止静电放电的冲击,增加 TFT-LCD 显示器的牢固度。

② 水平偏光片。它是一种能将自然光转换成线偏振光的光学元件。在制作 LCD 显示器时需要在彩色滤光片、液晶与 TFT 玻璃的上、下各安装一片偏光片,并使它们成一定的角度,主要用途是在有电场与无电场时使光源产生相位差而呈现敏感的状态,用以显示字幕或图案。

③ 彩色滤光片。即为三基色滤光片。彩色 LCD 的色彩信息是通过三基色滤光片实现的,在 IC

信号处理器输出信号的控制下,使得从背光源发射的白光经三基色滤光片获得彩色画面。三基色滤光片制作在玻璃基板上,将红、绿、蓝三原色的有机光导膜制作在每一个像元内构成三基滤色片。

④ 液晶。它是一种特殊的工作物质,既具有单轴晶体的物理性质各向异性,又具有液体的流动性,液晶分子的排列方向可以通过电场来控制。

⑤ TFT 玻璃面板。它拥有数百万个 TFT 单元,TFT 作为开关元件,其栅极与行(X)电极连接,源极与列(Y)电极相连,漏极与液晶层及补偿电容相连。

⑥ 垂直偏光片。它与上面的水平偏光片共同组成偏光系统,影响 LCD 液晶屏显示的效果。

⑦ 驱动 IC 与印刷电路板。它为各个像元提供工作电压,以便控制液晶分子的扭曲角度,调整光通量,使液晶显示器能够显示灰度信息。

⑧ 扩散片。其作用是将背光模组发出的光均匀地扩散到整个液晶板所影响的区域,为液晶显示器提供较为均匀的亮度。

⑨ 扩散板。它和扩散片的功能类似,将背光源发出的光均匀地垂直投射到 LCD 面板上,并使光能均匀分布,为液晶显示器提供一个理想的均匀面光源。

⑩ 胶框。它是用来固定整个背光模组的部件,若放置不当,以及碰撞和脏污等,都会影响背光板模组的功效,或造成模组的损坏及质量的下降。

⑪ 背光源。它是均匀的发光光源,因为液晶本身不发光,所以必须依靠外界光源才能使其显示图像,光源一般位于液晶显示器面板后方,故称为背光源。常见的 LCD 背光源有冷阴极荧光灯(CCFL)和发光二极管(LED)等。

⑫ 背板。它是将背光源、液晶显示器和电路板等部件固定在外框结构架上的装置,它用于 LCD 的最终组装。

⑬ 主控制板。即 LCD 的驱动控制电路板,将影像输入的信号转为 LCD 的显示信号。

⑭ 背光模组点灯器。它是将直流电压转换为高频高压脉冲电压的部件,它能够持续点亮背光模组中的冷阴极灯管。

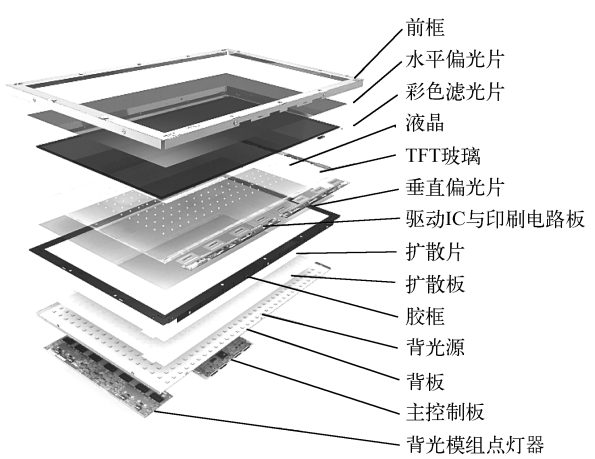


图 1-7 典型 TFT-LCD 液晶显示器的基本结构

2. TFT-LCD 的工作原理

冷阴极灯管发出的光,经过扩散板与扩散片形成均匀的照明光,它先通过下偏光片向上发射,再通过液晶层向上传导。TFT-LCD 的电极包括 FET 电极和公共电极,控制 FET 电极的导通状态,液晶分子也产生不同表现,如 TN-LCD 的排列状态一样会发生改变,也通过遮光和透光来达到各种显示的目的。但不同的是,由于 FET 晶体管具有电容效应,能够保持电位的状态,先前透光的液晶分子会一直保持透光,直到 FET 电极再一次加电改变其排列方式为止。相对而言,TN-LCD 就没有这种特性,电场一旦消失,液晶分子立刻就返回原始状态,这是 TFT-LCD 和 TN-LCD 的最大区别,也是 TFT 型液晶显示的优越之处。

液晶显示器通过 DVI 接口接收来自电脑显示卡的数字信号,这些信号通过数据线传输到控制电路,控制电路调节液晶显示器的薄膜晶体管和 ITO 透明电极,实现液晶的透光与不透光的特性。这样,背景光源通过偏光片和滤光层,最终实现灰度图像的显示。

彩色液晶显示器输出色彩的原理:在彩色 LCD 面板中,每一个像元都是由三个液晶单元格构成的,其中每一个单元格前面都分别有红色、绿色或蓝色的滤光片。光线经过滤光片照射到每个像元,不同色彩的液晶单元格均由 TFT 控制,然后根据三基色原理,合成不同的色彩。

1.4.2 TFT-LED 图像显示器简介

TFT-LCD 图像显示器的背光光源是冷阴极灯管发出的白光,冷阴极灯管在高频高压电场激发真空玻璃管内的荧光物质,能够发出白光或各种颜色的单色光,显然,它是高频的闪烁光,其亮度、寿命与老化性能等均不如 LED 发光二极管优良,因此,正在被 LED 背光板取代。目前,有很多 TFT-LCD 图像显示器已经逐渐被 TFT-LED 图像显示器所取代,尤其是计算机显示屏基本采用 TFT-LED 显示器了。TFT-LCD 与 TFT-LED 二者的主要区别在于背光板及其驱动电路板。采用 LED 背光板以后,驱动电压彻底降低,显示屏的厚度减薄,明亮度增加,寿命增长,色泽更加鲜艳。为此,手机、平板电脑、触摸屏等终端显示器均纷纷采用 TFT-LED 图像显示器,使这类产品质量提高到新水平,促进现代 IT 产品与技术的同步发展。

1.4.3 LED 图像显示器

LED 图像显示器又称 LED 显示屏(LED display 或 LED Screen),因为它一般都以较大的屏幕存在,因此也称为 LED 大屏幕。目前世界上到底有多大的 LED 屏幕无法评论,记录在不断地被刷新,2010 年上海世博会场馆外的屏幕(9500 平方米)堪称世界第一大屏。

LED 显示屏主要有单色、双色和三色(或称真彩色)3 种,单色与双色常用于文字、数据的显示,三色 LED 显示屏用于各种彩色图像或视频图像的显示。真彩色图像显示屏又有室内与室外之分,它们都是由基本显示板拼接而成的。图 1-8 所示为 P5 型 LED 显示板实物图。显然,它是由三色 LED 发光管阵列构成的。

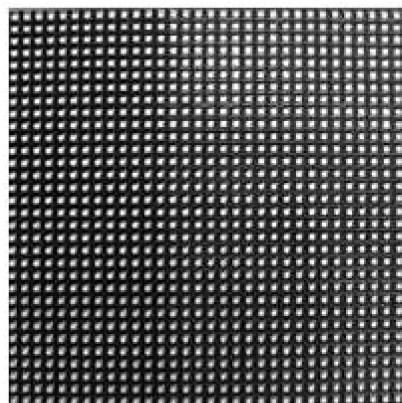


图 1-8 P5 型显示板实物图

LED 显示屏由于具有工作电压低、功耗小、亮度高、寿命长、耐冲击、性能稳定和易于拼接组装成各种不同形状与尺寸的显示器而得到广泛的应用,占据广阔的市场。

(1) LED 显示板主要技术指标

① LED 发光亮度:室内显示板单只 LED 发光亮度为 0.5~50mcd,室外显示板单只 LED 发光亮度为 100~1000mcd,最高可超过 10000mcd。

② 像元尺寸:室内通常为 $\Phi 3$ 、 $\Phi 3.75$ (直径 3mm 或 3.75mm),而室外显示板所用 LED 发光管直径通常为 5mm 或 8mm;

③ 像元的间距:LED 显示板像元的间距也有很多种,一般室内的比室外的要密很多,间距与型号相关,如室内有 P4、P5、P6 等型号,它们的间距分别是 3.75mm、5mm 和 6mm;室外有 P10、P12、P16、P20、P25 等型号,间距分别是 10mm、12mm、16mm、20mm 和 25mm。

④ 像元数:不同类型,不同尺寸,不同要求的像元数几乎都有,要具体查各个生产企业的产品手册,例如,图 1-8 所示的 P5 型 LED 显示板有 32×32 个像元,构成方形显示板;

⑤ 图像分辨率:LED 显示板自身分辨率的考量不是很确切,它与所显示的图像大小有关,另外与屏幕拼接数量有关,拼接数量越大,分辨率越高。

⑥ 显示板灰度:灰度通常是指像元发光亮度变化的阶数,它与图像采集卡的 A/D 转换器的分

分辨率有关,16 位 A/D 采集卡的基色灰度一般有 0~65535 级。另外它还与控制系统的能力与驱动芯片的承载或反应率有关。

⑦ 信息容量:显示板的信息容量取决于板上像元数、灰度、色彩度、间距等参数。

⑧ 显示屏的平整度:平整度与制造厂的装配工艺有关,一般要求保证平整度误差在 $\pm 1\text{mm}$ 范围内;

⑨ 色彩的还原性:是指显示屏对色彩图像的还原质量,即显示屏显示的色彩要与播放源的色彩保持一致,这样才能保证图像的真实感。

⑩ 瑕疵点比率:瑕疵包括单色点、黑点和亮点等影响图像质量。质量好的显示板应该做到无瑕疵点。瑕疵点通常与该点 LED 灯及其驱动单元电路质量有关,具有良好质量保障体系的企业生产出来的显示板应该能够保证瑕疵点在 1% 以下。

(2) 显示屏的拼接技术

将若干块显示板拼接成能够在室内、外显示图像的显示屏所涉及的技术称为显示屏拼接技术。它包括下面几个方面的内容:

① 总体设计:显示屏拼接的首要任务是总体设计。根据屏幕的用途、安装环境、显示平均距离、背景光的变化情况和场景自然气候条件(室内可以不考虑此项)做出总体方案设计,确定显示板的型号、数量与整体安装方案。

② 根据显示板型号与数量设计驱动电源的功率,设计电源系统,注意散热与允余量问题。室外应用必须考虑极端天气变化对电源系统的影响和必要的防护系统。

③ 目前市场上出售的各种显示板都采用了便于组装(拼接)的结构设计,拼接组装主要是结构设计和现场安装问题。

④ 信号传输与控制:目前,很多型号的显示板上配置了方式不同、容量不等的存储器、千兆网通信系统和微机处理系统。因此,可以采取不同的信号传输方式和自播放方式显示图像信息。

⑤ 实际 LED 大屏幕显示屏常常是用户提出需求,一些专业设计、制造大屏幕的企业以项目承包的方式完成设计、施工、调试与后期服务(含软件升级等)。

1.5 本章小结

实现对景物图像的传输、存储与再现的途径是,将光学图像解析成一维时序信号,再通过传输手段(有线与无线)将一维时序信号传输或发送至远方。这是电视系统的基本思路。现阶段,人们将一维时序信号转换成数据,借助于计算机与网络发送、传输到远方,然后再将数据还原成二维图像。这是智能手机通信的基本功能。可见将图像解析为一维时序信号成为电视、手机图像通信的关键。

(1) 图像解析方法

图像解析方法主要有:①光机扫描图像解析;②电子束扫描图像解析;③固体自扫描图像解析等。

(2) 解析与还原图像共同遵守的电视制式

为不失真地传输图像而建立起来的电视制式是模拟电视系统必须遵守的约束。要注意理解它们是限于当前技术条件下的产物,在现在的数字化阶段具有一定的意义,对于我们理解 CCD 电视摄像机有一定的价值。

电视制式主要有:①PAL 彩色电视制式;②NTSC 彩色电视制式;③SECAM 彩色电视制式。

(3) 图像显示器

① CRT 真空电子束显像管,已经退出历史舞台。

② LCD 液晶显示器近些年有很大发展,尤其在数码照相机和手机显示屏等方面发展很快。

③ LED 显示器,在大屏幕显示方面优势突出,发展很快。

(4) 典型图像显示器

本节介绍的 TFT-LCD 彩色液晶显示器、TFT-LED 彩色液晶图像显示器和 LED 图像显示模组等典型显示器在结构与显示原理上均有所差异,应用也不同,前两者用于数码照相机、数码摄像机、平板电脑、笔记本电脑等设备中,后者主要用于室内、外大屏幕的图像显示。

思考题与习题 1

1.1 为什么要把场景图像转换成一维时序信号?将场景图像转换成一维时序信号的方法有哪些?各有什么特点?

1.2 为确保单元光电传感器扫描出来的场景图像能够在显示器上还原显示出不失真的图像,需要采用怎样的措施?

1.3 电视制式的意义是什么?你所掌握的电视制式有哪些?我国为什么采用 PAL 电视制式?怎样理解 PAL 电视制式能够克服工频电场的干扰?

1.4 比较隔行扫描与逐行扫描的优缺点,试说明为什么 20 世纪初的电视机与视频监视器均采用隔行扫描制式?现在的手机与平板显示屏还采用 PAL 电视制式吗?

1.5 如果某图像采集卡具有只采集一场图像的功能,试问采集隔行扫描制式的一场图像与人眼看到的图像一致吗?为什么?如果采集的是逐行扫描制式的一场图像又会怎样?

1.6 现有一只光敏面为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的光电二极管,你能否用它来采集面积为 $800\text{mm}(\text{H}) \times 400\text{mm}(\text{V})$ 的场景图像?如果不能,应该添加什么器材才能完成对上述场景图像进行采集?

1.7 上题条件下如果采用 1:1 的成像物镜对场景进行扫描,扫描正程速度为 8m/s ,逆程为 80m/s ,在图像不发生形变的情况下垂直扫描的速度应该是多少?

1.8 今有一台 256 像元的线阵 CCD 图像传感器(例如 ILX521),如果配用 PAL 电视制式的显示器显示它所扫描出来的图像,需要采用怎样的技术与之配合?

1.9 如何理解“环保的绿色电视”?图像显示器采用何种技术才能实现显示 100Hz 的场频?

1.10 TFT-LCD 与 TFT-LED 液晶显示器的主要区别是什么?你能否画出 TFT-LED 液晶显示器的原理方框图?

1.11 请从网络上查找 P3、P4、P5、P6 等型号的 LED 显示模板,它们的间距各为多少?显示模板还有哪些其他型号?

1.12 为什么室内显示屏要采用 P3、P4、P5、P6 等型号显示模板拼装而成?室外显示屏则需 P10、P12、P16、P20、P25 等型号显示模板拼接?

1.13 设某型号 P5 显示模板,其外形尺寸为 $160\text{mm} \times 80\text{mm}$,点间距是 5mm ,若驱动每只 LED 管发光电流为 20mA ,电压为 5V 。欲设计显示屏幕的尺寸为 $1600\text{mm} \times 800\text{mm}$,试问如何选用电源?需要多少块该型号的显示模板?