

## VGA 接口简介

VGA(Video Graphics Array) 是 IBM 在 1987 年随 PS/2 机一起推出的一种视频传输标准，当时具有分辨率高、显示速率快、颜色丰富等优点，在彩色显示器领域得到了广泛的应用。

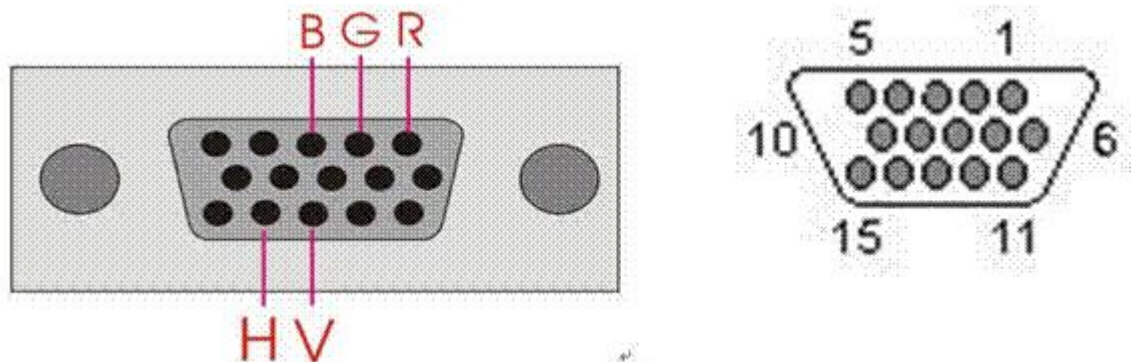
VGA 接口就是显卡上输出模拟信号的接口，也叫 D-Sub 接口。VGA 接口是一种 D 型口，上面共有 15 针空，分成三排，每排五个。VGA 接口是目前中低端电脑配置上的主流口。实物图如下所示：



VGA 显示中，FPGA 需要产生 5 个信号：R、G、B 三基色信号，行同步信号 HS，场同步信号 VS。

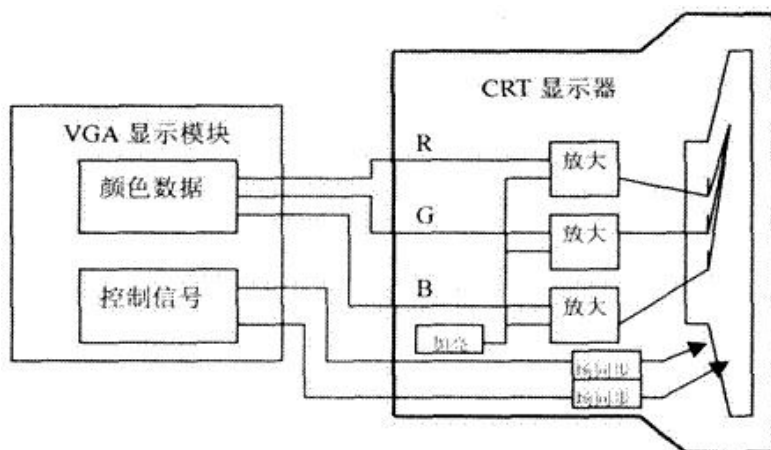
接口中最主要的几根线：

信号线	定义
HS	行同步信号 (3.3V 电平)
VS	场/帧同步信号 (3.3V 电平)
R	红基色 (0~0.714V 模拟信号)
G	绿基色 (0~0.714V 模拟信号)
B	蓝基色 (0~0.714V 模拟信号)



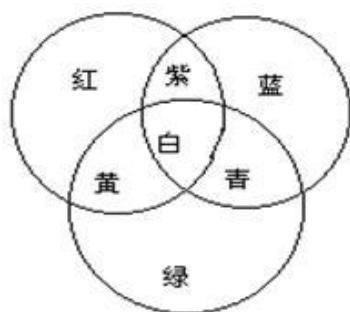
以上接口的 5 个孔对应着我们 FPGA 中产生的 5 个重要的信号，其中 R、G、B 是数据信号；HS、VS 是控制信号。

下面是 VGA 显示模块与 CRT 显示器的控制框图：



## VGA 色彩原理

像素是产生各种颜色的基本单元。根据物理学中的混色原理，三色发光的亮度比例适当，可呈现白色。适当的调整发光比例可以出现不同的颜色。三基色混色原理示意图如下图所示：

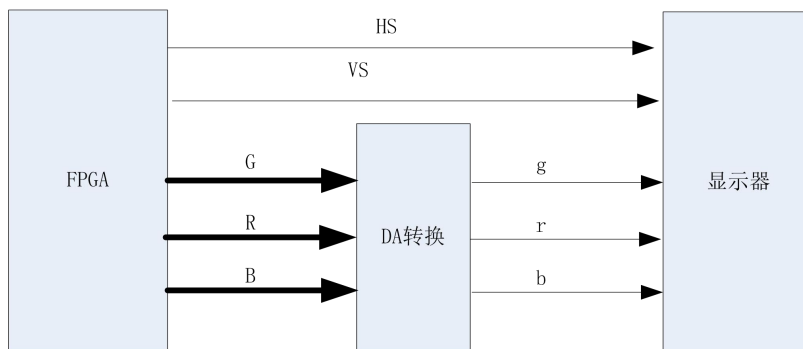


三基色颜色编码：

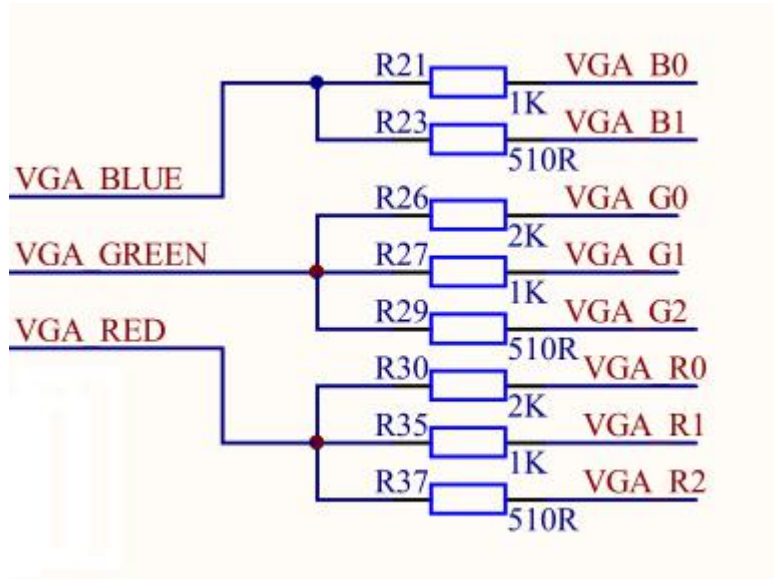
颜色	黑	蓝	红	紫	绿	青	黄	白
R	0	0	1	1	0	0	1	1
G	0	0	0	0	1	1	1	1
B	0	1	0	1	0	1	0	1

以上 RGB 一共有 8 组合，也就是可以产生 8 种颜色。但显示器显示的色彩却是非常丰富，远远多于 8 种颜色，这是如何做到的呢？

原因就是对于显示器来说，RGB 三个信号其实是模拟信号，其电平的高低，可以表示颜色的深浅。利用这个原理，我们就可以产生丰富的色彩。为了控制电压的高低，我们就必须用到 DA 芯片。例如下图中，FPGA 产生 RGB 三种信号，这时 RGB 都是多位的数字信号。DA 芯片根据数字信号的值，产生不同电压的模拟信号 rgb。



明德扬的第二代开发板，R 由 3 位数字信号组成 (VGA\_R0, VGA\_R1, VGA\_R2); G 由 3 位数字信号组成 (VGA\_G0, VGA\_G1, VGA\_G2); B 由 2 位数字信号组成 (VGA\_B0, VGA\_B1)。并通过电压进行分压，而得到不同的电平，如下图所示。



## VGA 显示

### 1、扫描方式

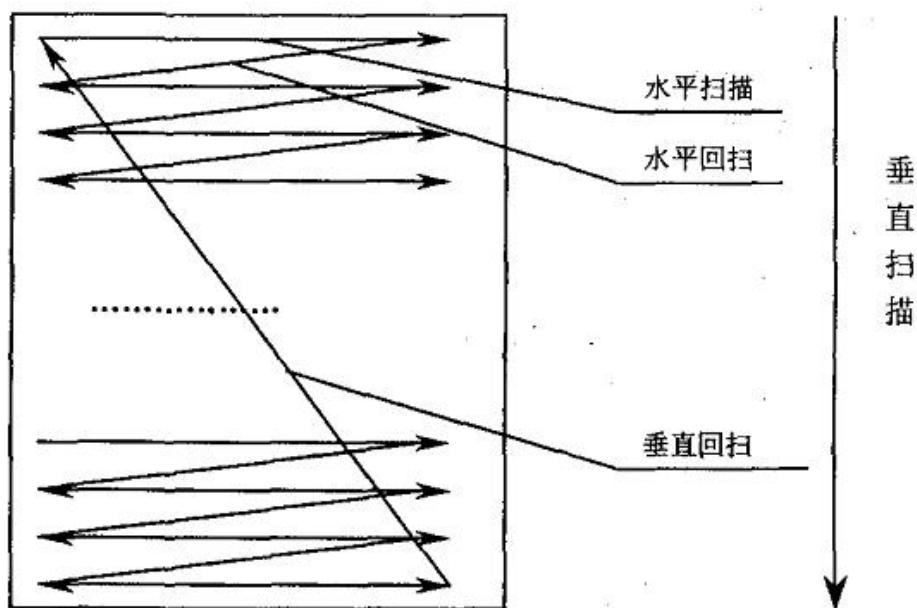


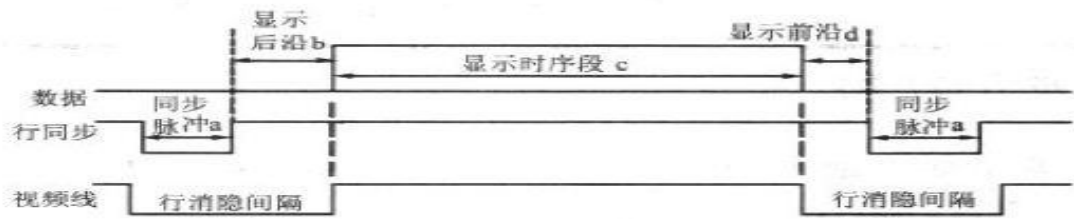
图 4 光栅扫描过程

显示器采用光栅扫描方式，即轰击荧光屏的电子束在 CRT 屏幕上从左到右（受水平同步信号 HSYNC 控制）、从上到下（受垂直同步信号 VSYNC 控制）做有规律的运动。电子束采用光栅扫描方式，从屏幕左上角一点开始，向右逐点进行扫描，形成一条水平线；到达最右端后，又回到下一条水平线的左端，重复上面的过程；当电子束完成右下角一点的扫描后，形成一帧。此后，电子束又回到左上方起点，开始下一帧的扫描。这种方法也就是常说的逐行扫描显示。

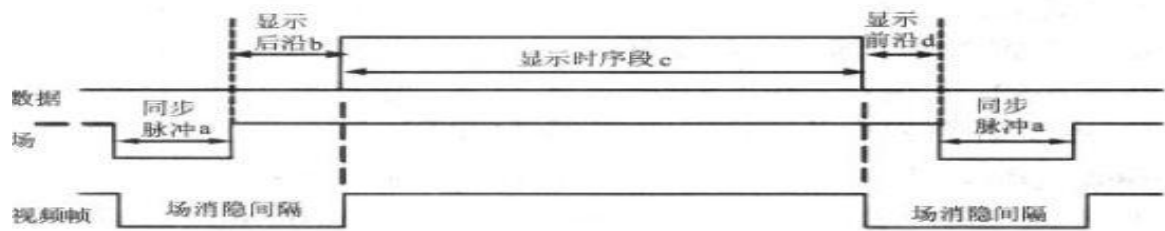
## 2、扫描频率

完成一行扫描的时间称为水平扫描时间，其倒数称为行频率；完成一帧（整屏）扫描的时间称为垂直扫描时间，其倒数称为场频率，即刷新一屏的频率，常见的有60Hz, 75Hz等等。标准的 VGA 显示的场频60Hz。

## 3、VGA 时序分析



VGA 的行时序



VGA 的场时序

行时序和场时序都需要同步脉冲（Sync a）、显示后沿（Back porch b）、显示时序段（Display interval c）和显示前沿（Front porch d）四部分。VGA 工业标准显示模式要求：行同步，场同步都为负极性，即同步脉冲要求是负脉冲。

#### 4. VGA 支持的规格

表 1 水平时序

分辨率	刷新速率	像素频率	同步脉冲	后沿	有效时间	前沿	帧长
640/480	60	25	96	45	646	13	800
640/480	72	31	40	125	646	21	832
800/600	56	36	72	125	806	21	1024
800/600	60	40	128	85	806	37	1056
800/600	72	50	120	611	806	53	1040

说明：有效时间包括 6 列过扫描边界列，有些时序表将这列加在后沿和前沿中

表 2 垂直时序

分辨率	刷新速率	行宽	同步脉冲	后沿	有效时间	前沿	帧长
640/480	60	31	2	30	484	9	525
640/480	72	26	3	26	484	7	520
800/600	56	28	1	20	604	-1	625
800/600	60	26	4	21	604	-1	628
800/600	72	20	6	21	604	35	666

说明：有效时间包括 4 行过扫描边界行，有些时序表中将这  
几行加在后沿和前沿中。

\*当有效时间增加时，它超过了 vsync 信号的上升沿，因此前  
沿为-1

我们以第一个分辨率640/480来分析，其刷新速率是60Hz，每幅图像有525行，每行有800个值。也就是说完成一幅图像约是1s/60=16.6ms，完成一行约为16.6ms/525=31.75us，完成一个像素传送约来31.75us /800=40ns。因此为了方便设计，接口的时候设为25MHz 最方便，每个时钟送一个数据。