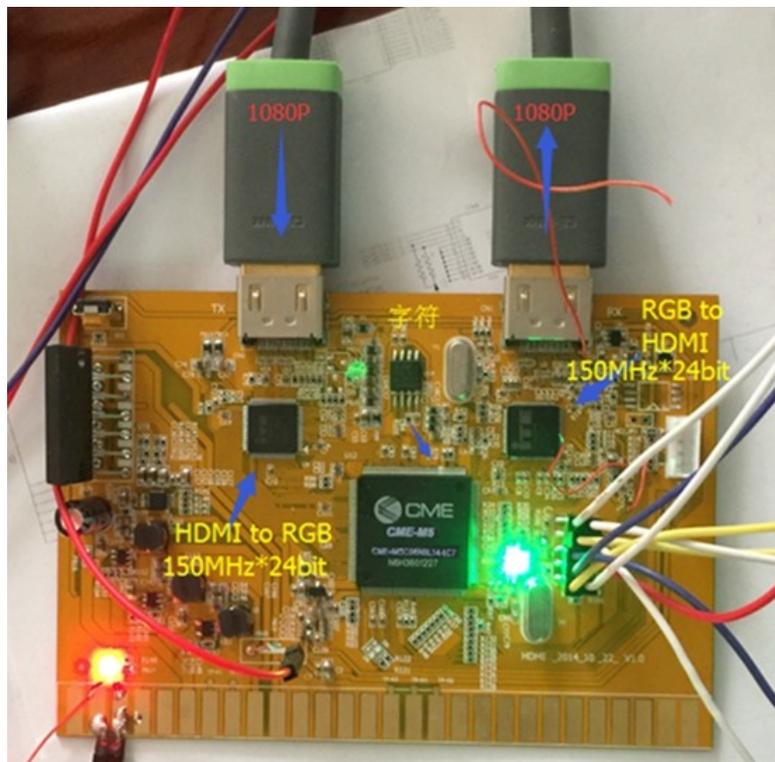


利用 CME-M5 实现 1080P 字符叠加设计分析

随着信息化技术的提高，人们对于视觉欣赏的要求越来越高。“视觉冲击力”成为人们评判显示性能的一个标准。视觉冲击力不仅要求画面尺寸超大，最主要的还要要求画面显示清晰，包括图片与文字。为了满足这种诉求，本文以京微雅格 CME-M5 为例，为您分析如何在 HDMI 高清信号中叠加字符，并且最终实现高清输出的过程。

如下图所示，不难看出，就是把一路 HDMI 高清信号通过 HDMI 转 RGB 芯片送到 CME-M5 后，与外部的字符芯片进行高清叠加后，再通过 RGB 转 HDMI 送出来。



抛开其它的功能，从最最简单 By-Pass 开始验证，就是说，150MHz 的 24bit RGB 进，不作任何处理，直接把 150MHz 的 24 bit RGB 送出，如果 By-Pass 都搞不定，其它功能再调试也是枉然。By-Pass 的关键代码如下：

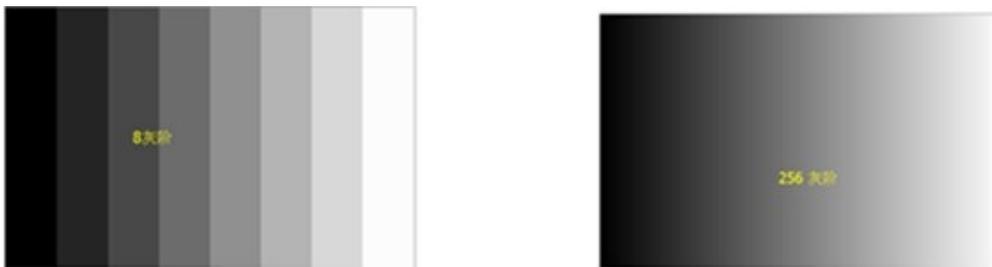
```
assign O_tx_d_de      = I_rx_d_de      ;
assign O_tx_d_vsync   = I_rx_d_vsync   ;
assign O_tx_d_hsync   = I_rx_d_hsync   ;

assign O_tx_d_datar   = I_rx_d_datar   ;
assign O_tx_d_datag   = I_rx_d_datag   ;
assign O_tx_d_datab   = I_rx_d_datab   ;
```

以列灰阶的验证，是最容易看出问题的。简单补充一下，什么叫灰阶？

灰阶代表了由最暗到最亮之间不同亮度的层次级别。这中间层级越多，所能够呈现的画面效果也就越细腻。以 8bit panel 为例，能表现 2 的 8 次方，等于 256 个亮度层次，我们就称之为 256 灰阶。

对应于数字逻辑来说，就是 R/G/B 从 0~255 渐变的过程，分成 256 等份，递增为 1，叫 256 灰阶；分成 8 等份，递增为 32，叫 8 灰阶。



假设计是 256 级的黑白灰屏，R-G-B 三色同时由 FF 变为 00，即 24 根数据线同时电平翻转，这对 FPGA 芯片的供电、速度要求是最高的，所以专用测试验证来看，灰阶基本上可以验证视频传输的质量是否稳定可靠，其它的拿图片混过关的实际上都不算数的。

那好吧，我们就以 256 灰阶作为参考图例验证。

按照一般 CPLD EPM240 的设计，直通的效果是完美，不用怀疑，已经过广泛的使用。正常的效果如下，没亮线，没噪点。



而在通过 M5-Bypass 的显示效果如下所示（几张示例图片），几种颜色的灰阶都出现亮线。

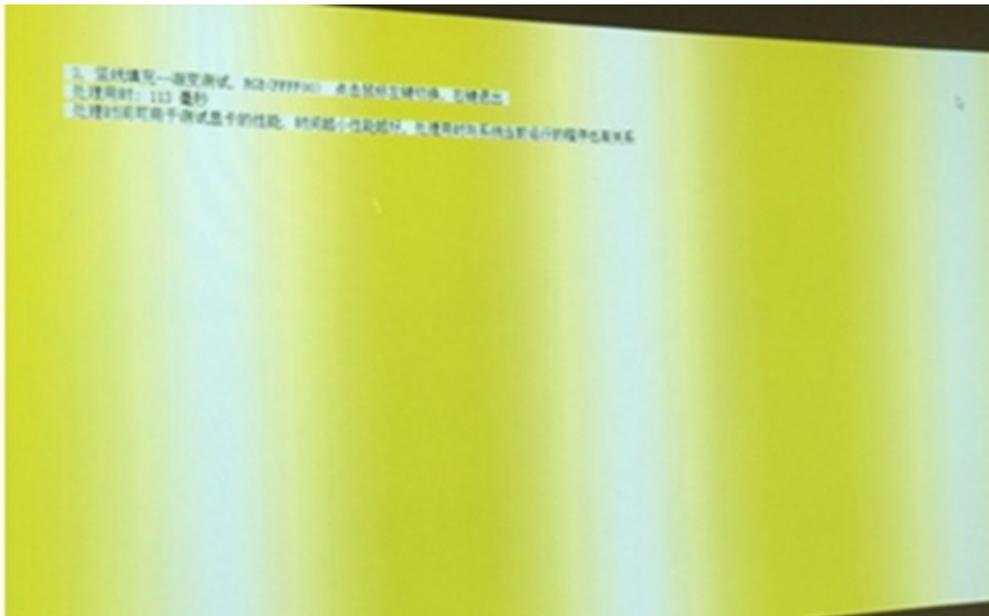




根据以上可得，像 CPLD 那种 By-Pass 的方式是行不通的。引起灰阶亮线问题，一般有两个：

- (1) 一个是驱动电流不足；
- (2) 另一个是 IO 或时钟速度跟不上，数据没有对齐；

先从第一个解决方案着手，在 primace7.2 下把默认的 HS, VS 输出 4mA (default) 改为 8mA，对翻转速度比较快的 PCLK 改为 16mA。而输入全部加拉弱上拉，改了以后仅对黄色灰阶有改善（看不出亮线），其它的并没有改进行。



进行第二个方案，解决数据对齐的问题。加入 FastIO 设置，效果也没有明显显示的改善。

IO	IO#	FastIO	Current	Default	Priority
O_tx_d_datab...	132	IO93_3	true	4mA (default)	fastest (default)
O_tx_d_datab...	133	IO94_3	true	4mA (default)	fastest (default)
O_tx_d_datab...	134	IO95_3	true	4mA (default)	fastest (default)
O_tx_d_datab...	136	IO96_3	true	4mA (default)	fastest (default)
O_tx_d_datab...	138	IO97_3	true	4mA (default)	fastest (default)
O_tx_d_datab...	139	IO98_3	true	4mA (default)	fastest (default)
O_tx_d_datab...	140	IO99_3	true	4mA (default)	fastest (default)
O_tx_d_datab...	143	IO100_3	true	4mA (default)	fastest (default)

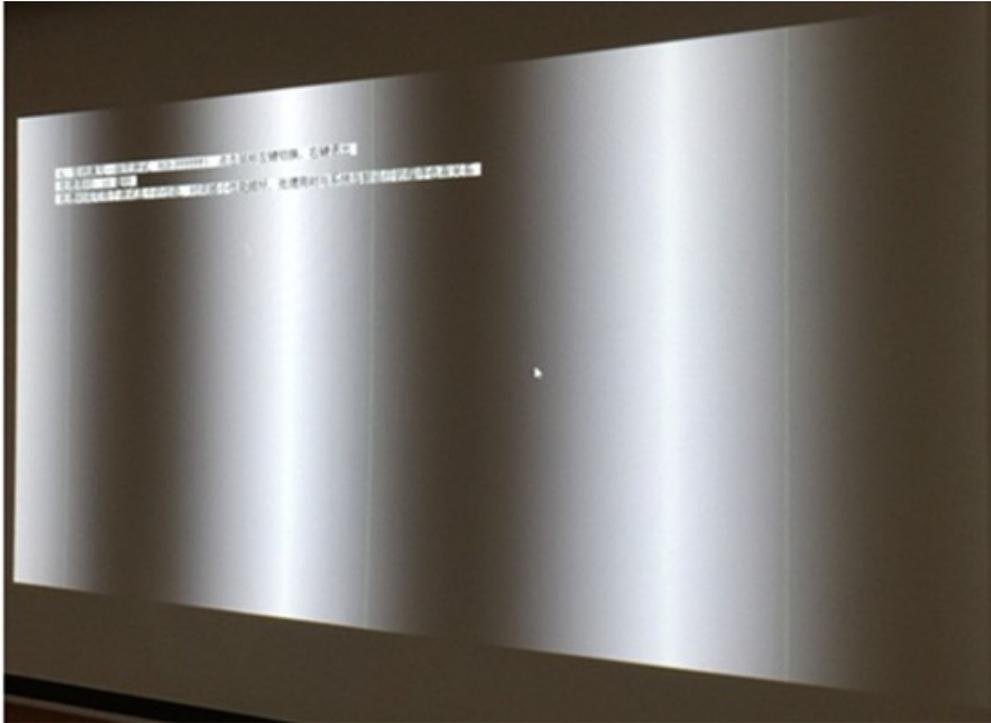
最终考虑，还是用同步时钟把 RGB-HS-VS 打一拍同步进来试试看，代码也非常简单，如下所示。

```
assign O_tx_d_pclk = I_rx_d_pclk ;
always @(posedge I_rx_d_pclk) begin
    O_tx_d_de      <= I_rx_d_de      ;
    O_tx_d_vsync  <= I_rx_d_vsync   ;
    O_tx_d_hsync  <= I_rx_d_hsync   ;
    O_tx_d_datar  <= I_rx_d_datar   ;
    O_tx_d_datag  <= I_rx_d_datag   ;
    O_tx_d_datab  <= I_rx_d_datab   ;
end
```

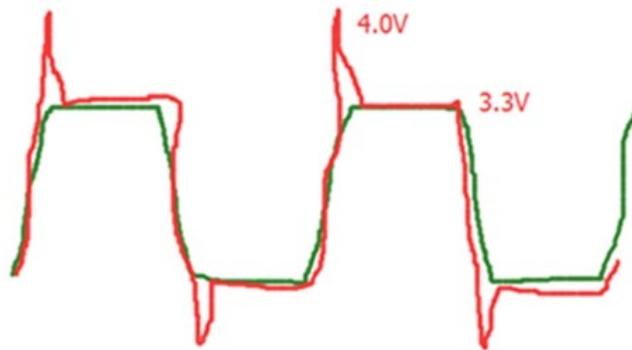
出来的效果是让人满意的。之前的所有彩色灰阶，显示正常，如下所示。



准备收工举杯庆祝的时候，发现最后一关仍然没过，那就是该死的 256 黑白灰阶，还剩下一条亮线了，按照一般应用，都是图片叠加文字，是能混过去的。因为到了这一步好像没什么可以调整了，设计太简单了，也曾想过，那就这样吧，M5 的性能也就只能到这里。



亮线的问题除了跟数据有关，也跟时钟有关，PCLK 的电流设置到 16mA，带来增加驱动能力的好处，同时也会增大电平翻转的过冲。如下图所示，绿色的方波是我们想要的最佳波形，红色波形却是实际的情况，拿张 M5 的电路，示波器测试一下即可验证。



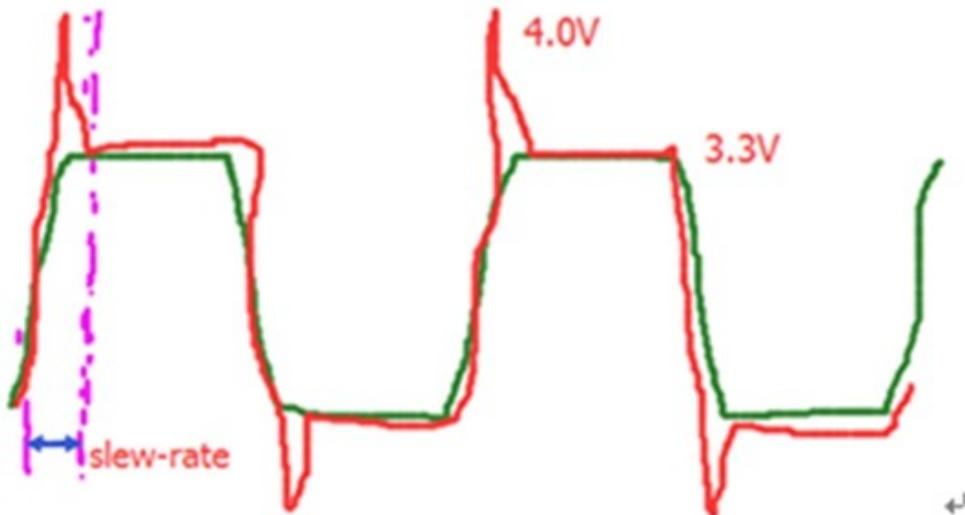
如果能把过冲收拾掉同时能保持 16mA 的电流，这个信号就是完美的。我们希望是这样，现在还剩下一个看似不重要的参数仍然可以调整，叫做 Slew-Rate。看上去都是默认最快的 Fastest (default)，都已经最快，还是什么可调节呢，我们不是要求最快的吗？

Port Name	Location	Pin Name	Fast Output	Drive Strength (mA)	Bus Keeper	Slew Rate
O_spi_sdo	127	IO89_3	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_a_i2s	3	IO1_0	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_a_mclk	6	IO4_0	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_a_sck	5	IO3_0	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_a_ws	4	IO2_0	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_d_datab						
O_tx_d_datag						
O_tx_d_datar						
O_tx_d_de	32	IO26_0	true	16mA		fastest (default)
O_tx_d_hsync	34	IO28_0	true	16mA		fastest (default)
O_tx_d_pclk	114	IO78/CLK4_3	false	8mA		fastest (default)
O_tx_d_vsync	33	IO27_0	true	8mA		fastest (default)
O_tx_led	40	IO31_1	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_pscsl	38	IO30_1	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_rstn	113	IO77_3	false	4mA (default)		fastest (default)
O_vol	119	IO82_3	false	4mA (default)		fastest (default)

由于英文不太好，百度搜索了一下 Slew-Rate 的意思。

slew rate 就是电压转换速率 (Slew Rate)，简称为 SR，简称压摆率。其定义是在 1 微秒或者 1 纳秒等时间里电压升高的幅度，直观上讲就是方波电压由波谷升到波峰所需时间。

如下图所示。



也就是说 slew-rate 是能够影响 PCLK 方波输出的爬升的时间，slew-rate 越快，翻转速度越快，过冲越大，反之爬升的时间越慢，过冲就越少。这跟运算放大器通过调节电容控制转换时间是一致的，slew-rate 的调节跟调整电容器是类似的，有电容就有可能吃掉过冲干扰。

分析完毕，在 primace 的软件设置如下。

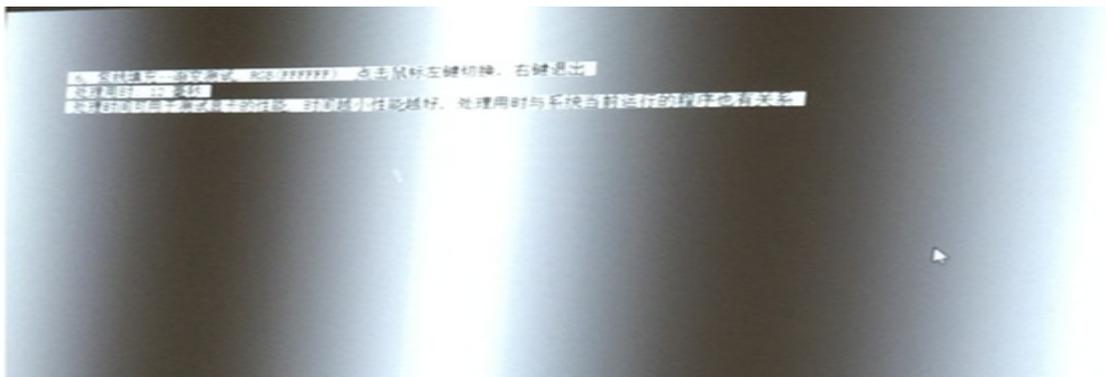
Port Name	Location	Pin Name	Fast Output	Drive Strength (mA)	Bus Keeper	Slew Rate
O_spi_sdo	127	IO89_3	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_a_i2s	3	IO1_0	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_a_mclk	6	IO4_0	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_a_sck	5	IO3_0	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_a_ws	4	IO2_0	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_d_datab						
O_tx_d_datag						
O_tx_d_datar						
O_tx_d_de	32	IO26_0	true	16mA		slowest
O_tx_d_hsync	34	IO28_0	true	16mA		slowest
O_tx_d_pclk	114	IO78/CLK4_3	false	8mA		slowest
O_tx_d_vsync	33	IO27_0	true	8mA		fastest (default)
O_tx_led	40	IO31_1	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_pcsl	38	IO30_1	false	4mA (default)		fastest (default)
O_tx_rstn	113	IO77_3	false	4mA (default)		fastest (default)
O_vol	119	IO82_3	false	4mA (default)		fastest (default)

调到最慢

运行结果比想象中的要好，如下所示，灰阶的亮线也是不见了，非常干净。可以收工，往下一步走了。



见高清大图



对于应用来看，Fastest 的 Slew-Rate 未必如其名，速度是最快的，它可以导致其它问题的产生，适当微调各类参数，有时也会有意想不到的好结果。当然也证明了 CME-M5 的 IO 是有能力实现 150MHz 的高清视频传输。