

# 零死角玩转STM32



## LTDC—液晶显示

淘宝：[firestm32.taobao.com](http://firestm32.taobao.com)

论坛：[www.chuxue123.com](http://www.chuxue123.com)



扫描进入淘宝店铺

# 主讲内容

01

**显示器简介**

---

02

**液晶控制原理**

---

03

**LTDC液晶控制器**

---

04

**DMA2D图形加速器**

---

05

**LTDC及DMA2D结构体**

---

06

**LTDC/DMA2D—液晶显示实验**

---

参考资料:《零死角玩转STM32》

“LTDC/DMA2D—液晶显示” 章节

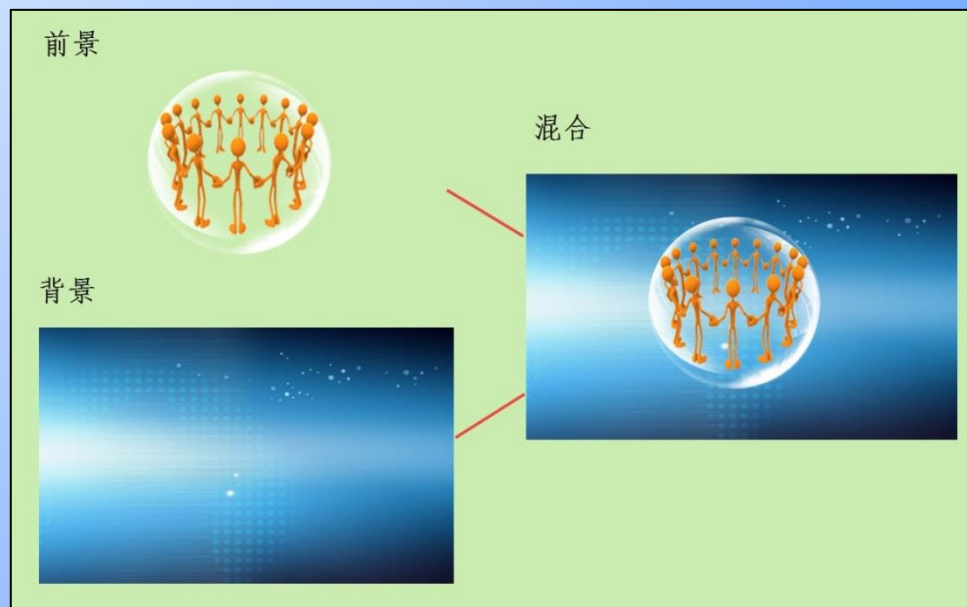
## LTDC液晶控制器简介

STM32F429系列芯片内部自带一个LTDC液晶控制器，使用SDRAM的部分空间作为显存，可直接控制液晶面板，无需额外增加液晶控制器芯片。

- STM32的LTDC液晶控制器最高支持800x600分辨率的屏幕；
- 可支持多种颜色格式，包括RGB888、RGB565、ARGB8888和ARGB1555等(其中的“A”是指透明像素)；
- 支持2层显示数据混合，利用这个特性，可高效地做出背景和前景分离的显示效果，如以视频为背景，在前景显示弹幕。

## 图像数据混合

LTDC外设支持2层数据混合，混合前使用2层数据源，分别为前景层和背景层，在输出时，实际上液晶屏只能显示一层图像，所以LTDC在输出数据到液晶屏前需要把2层图像混合成一层，跟Photoshop软件的分层合成图片过程类似。混合时，直接用前景层中的不透明像素替换相同位置的背景像素；而前景层中透明像素的位置，则使用背景的像素数据，即显示背景层的像素。



## 图像数据混合

如果想使用图像混合功能，前景层必须使用包含透明的像素格式，如ARGB1555或ARGB8888。其中ARGB1555使用1个数据位表示透明元素，它只能表示像素是透明或不透明，当最高位(即“A”位)为1时，表示这是一个不透明的像素，具体颜色值为RGB位表示的颜色，而当最高位为0时，表示这是一个完全透明的像素，RGB位的数据无效；而ARGB8888的像素格式使用8个数据位表示透明元素，它使用高8位表示“透明度”(即代表“A”的8个数据位)，若A的值为“0xFF”，则表示这个像素完全不透明，若A的值为“0x00”则表示这个像素完全透明，介于它们之间的值表示其RGB颜色不同程度的透明度，即混合后背景像素根据这个值按比例来表示。



## 图像数据混合

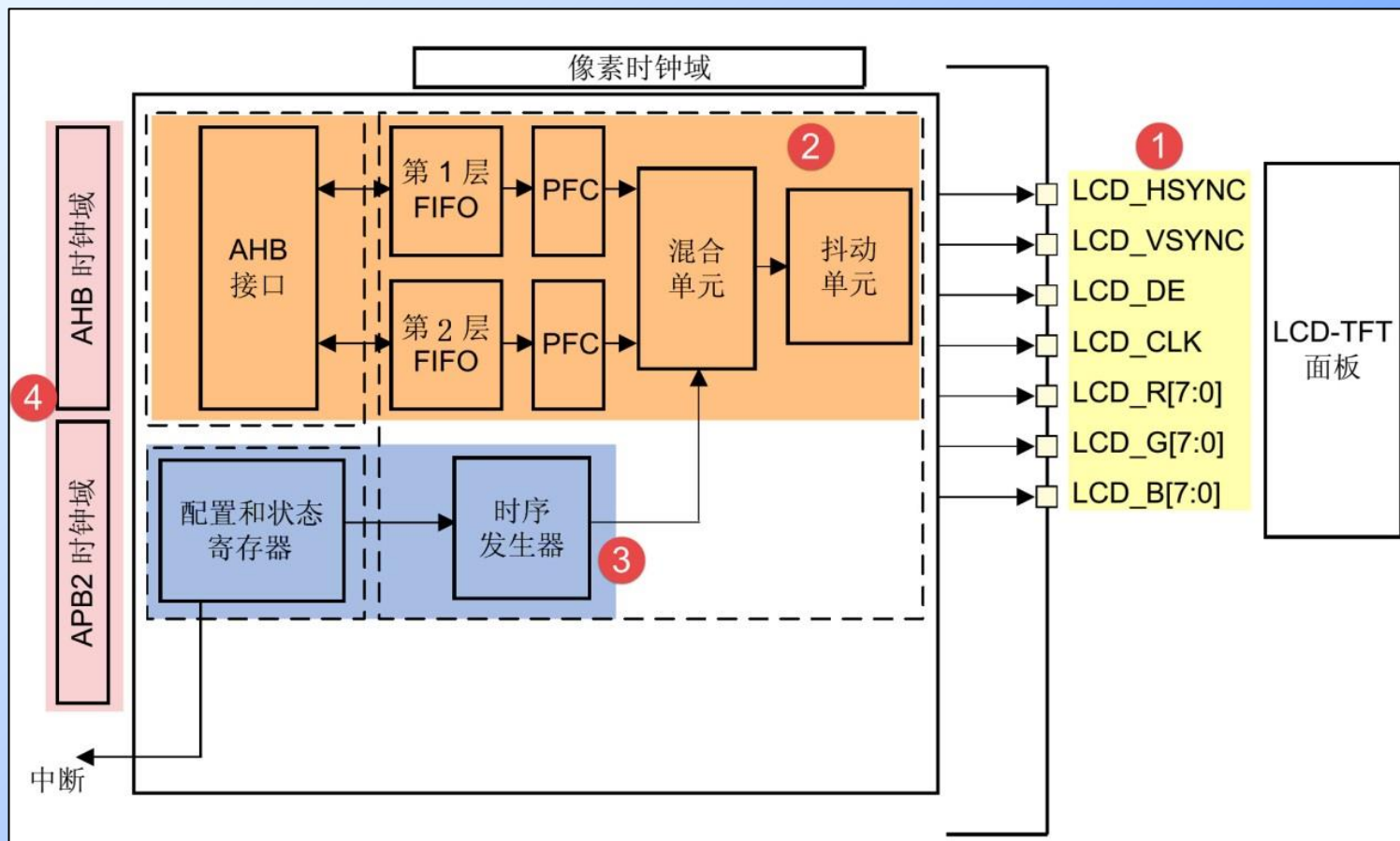
注意液晶屏本身是没有透明度概念的，如24位液晶屏的像素数据格式是RGB888，RGB颜色各有对应的8根数据线，不存在用于表示透明度的数据线，所以实际上ARGB只是针对内部分层数据处理的格式，最终经过混合运算得出直接颜色数据RGB888才能交给液晶屏显示。

# LTDC—液晶显示



## LTDC结构框图剖析

LTDC控制器的结构框图，它主要包含信号线、图像处理单元、寄存器及时钟信号。



# LTDC—液晶显示



## 1.LTDC信号线

LTDC的控制信号线与液晶显示面板的数据线一一对应，包含有HSYNC、VSYNC、DE、CLK及RGB数据线各8根。设计硬件时把液晶面板与STM32对应的这些引脚连接起来即可，查阅《STM32F4xx规格书》可知LTDC信号线对应的引脚：

引脚号	LTDC信号	引脚号	LTDC信号	引脚号	LTDC信号	引脚号	LTDC信号
PA3	LCD_B5	PE11	LCD_G3	PH14	LCD_G3	PJ4	LCD_R5
PA4	LCD_VSYNC	PE12	LCD_B4	PH15	LCD_G4	PJ5	LCD_R6
PA6	LCD_G2	PE13	LCD_DE	PI0	LCD_G5	PJ6	LCD_R7
PA8	LCD_R6	PE14	LCD_CLK	PI1	LCD_G6	PJ7	LCD_G0
PA11	LCD_R4	PE15	LCD_R7	PI2	LCD_G7	PJ8	LCD_G1
PA12	LCD_R5	PF10	LCD_DE	PI4	LCD_B4	PJ9	LCD_G2
PB8	LCD_B6	PG6	LCD_R7	PI5	LCD_B5	PJ10	LCD_G3
PB9	LCD_B7	PG7	LCD_CLK	PI6	LCD_B6	PJ11	LCD_G4
PB10	LCD_G4	PG10	LCD_B2	PI7	LCD_B7	PJ12	LCD_B0
PB11	LCDG5	PG11	LCD_B3	PI9	LCD_VSYNC	PJ13	LCD_B1
PC6	LCD_HSYNC	PG12	LCD_B1	PI10	LCD_HSYNC	PJ14	LCD_B2
PC7	LCD_G6	PH2	LCD_R0	PI12	LCD_HSYNC	PJ15	LCD_B3
PC10	LCD_R2	PH3	LCD_R1	PI13	LCD_VSYNC	PK0	LCD_G5
PD3	LCD_G7	PH8	LCD_R2	PI14	LCD_CLK	PK1	LCD_G6
PD6	LCD_B2	PH9	LCD_R3	PI15	LCD_R0	PK2	LCD_G7
PD10	LCD_B3	PH10	LCD_R4	PJ0	LCD_R1	PK3	LCD_B4
PE4	LCD_B0	PH11	LCD_R5	PJ1	LCD_R2	PK4	LCD_B5
PE5	LCD_G0	PH12	LCD_R6	PJ2	LCD_R3	PK5	LCD_B6
PE6	LCD_G1	PH13	LCD_G2	PJ3	LCD_R4	PK6	LCD_B7



## 2. 图像处理单元

LTDC框图标号②表示的是图像处理单元，它通过“AHB接口”获取显存中的数据，然后按分层把数据分别发送到两个“层FIFO”缓存，每个FIFO可缓存64x32位的数据，接着从缓存中获取数据交给“PFC”(像素格式转换器)，它把数据从像素格式转换成字(ARGB8888)的格式，再经过“混合单元”把两层数据合并起来，最终混合得到的是单层要显示的数据，通过信号线输出到液晶面板。

在输出前混合单元的数据还经过一个“抖动单元”，它的作用是当像素数据格式的色深大于液晶面板实际色深时，对像素数据颜色进行舍入操作，如向18位显示器上显示24位数据时，抖动单元把像素数据的低6位与阈值比较，若大于阈值，则向数据的第7位进1，否则直接舍掉低6位。

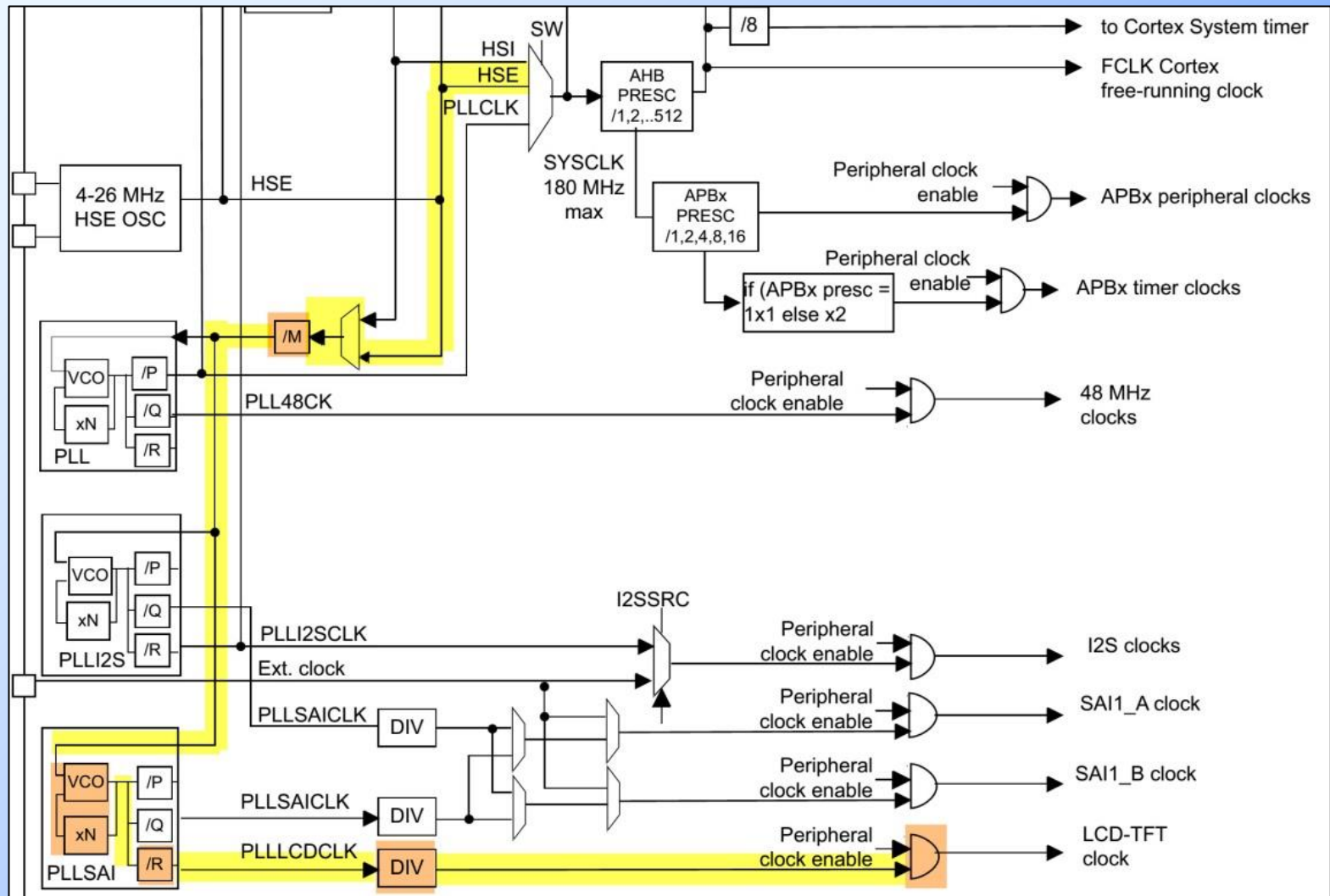
## 3.配置和状态寄存器

框图中标号④表示的是LTDC的控制逻辑，它包含了LTDC的各种配置和状态寄存器。如配置与液晶面板通讯时信号线的有效电平、各种时间参数、有效数据宽度、像素格式及显存址等等，LTDC外设根据这些配置控制数据输出，使用AHB接口从显存地址中搬运数据到液晶面板。还有一系列用于指示当前显示状态和位置的状态寄存器，通过读取这些寄存器可以了解LTDC的工作状态。

# LTDC—液晶显示



## 4. 时钟信号



## 4. 时钟信号

LTDC外设使用3种时钟信号，包括AHB时钟、APB2时钟及像素时钟LCD\_CLK。AHB时钟用于驱动数据从存储器存储到FIFO，APB2时钟用于驱动LTDC的寄存器。而LCD\_CLK用于生成与液晶面板通讯的同步时钟，它的来源是HSE(高速外部晶振)，经过“/M”分频因子分频输出到“PLLSAI”分频器，信号由“PLLSAI”中的倍频因子N倍频得到“PLLSAIN”时钟、然后由“/R”因子分频得到“PLLCDCLK”时钟，再经过“DIV”因子得到“LCD-TFT clock”，“LCD-TFT clock”即通讯中的同步时钟LCD\_CLK，它使用LCD\_CLK引脚输出。

# 零死角玩转STM32



**THANKS**

论坛：[www.chuxue123.com](http://www.chuxue123.com)

淘宝：[firestm32.taobao.com](http://firestm32.taobao.com)



扫描进入淘宝店铺