

## 37 LCD 控制器 (LCDC)

### 37.1 概述

LCD 控制器由从外部显示缓存(以下简称为显存)到集成有 common 和 segment 驱动的 LCD 组件传输数据的逻辑构成。

LCD 控制器支持单、双扫描的单色或彩色被动 STN LCD 模组和单扫描的主动 TFT LCD 模组。对于单色 STN 显示，通过时基抖动算法和帧速率控制 (FRC) 方法支持多达 16 个灰度级。该方法也被用于彩色 STN 显示，用来产生 4096 色彩。

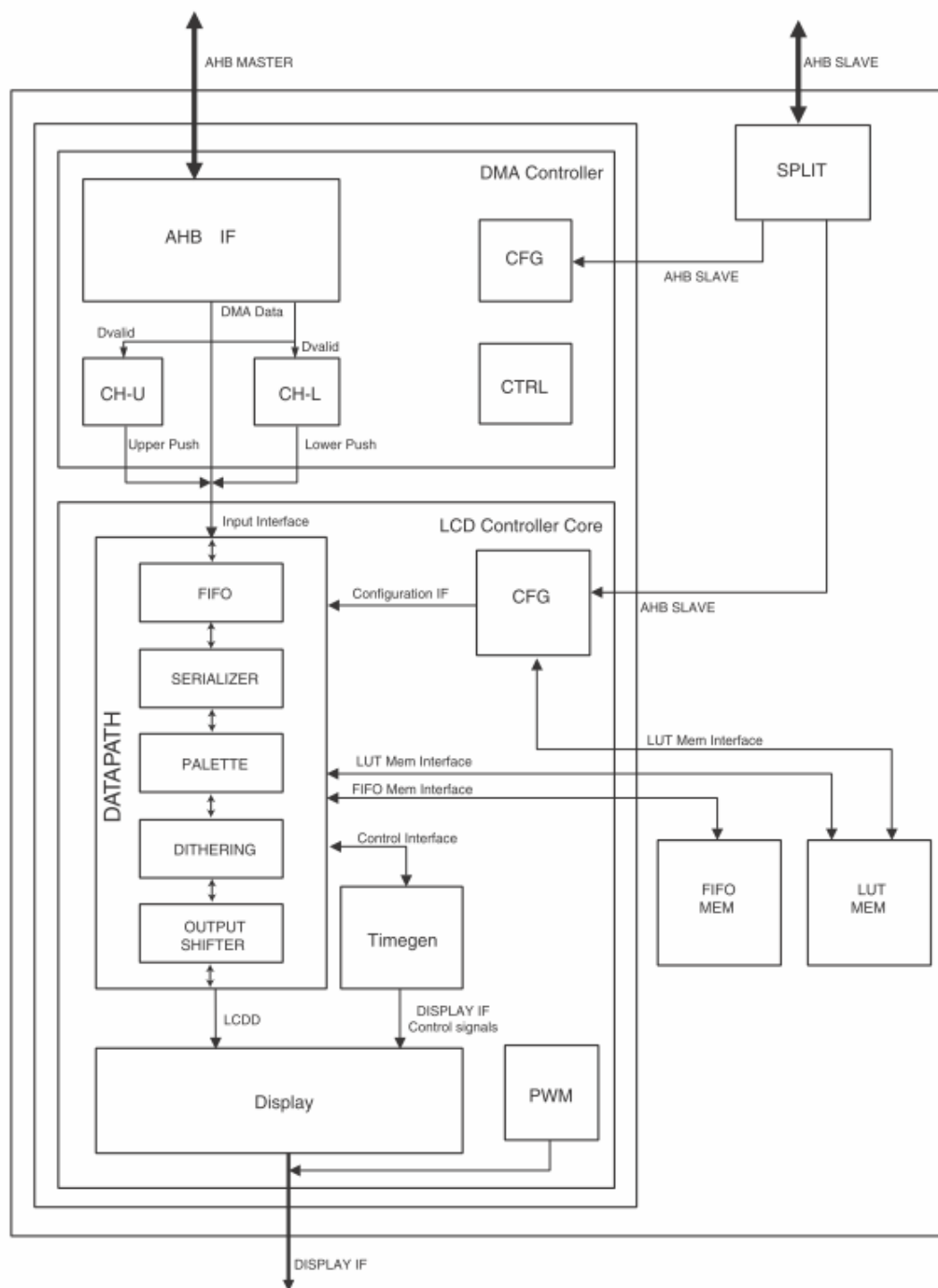
LCD 控制器的输入 FIFO 允许与外部 AHB 主设备接口进行灵活连接，其调色板查询表允显示配置为调色板模式。

可编程 LCD 控制器以实现各种不同的需求，如分辨率可达 2048\*2048；像素色深 (1, 2, 4, 8, 16, 24 位每像素)；数据线宽度 (4, 8, 16 或 24 位) 和接口时序。

LCD 控制器作为连接到 ARM 先进高性能总线 (AHB) 的主控读取像素数据。同时，LCD 控制器连接 AHB 的接口在配置其寄存器时作为从机。

### 37.2 框图

图 37-1 LCD 宏单元框图



### 37.3 I/O 口说明

表 37-1 I/O 口说明

名称	说明	类型
LCDCC	对比度控制信号	输出
LCDHSYNC	行同步信号 (STN) 或水平同步信号 (TFT)	输出
LCDDOTCK	LCD 时钟信号 (STN/TFT)	输出
LCDVSYNC	帧同步信号 (STN) 或垂直同步信号 (TFT)	输出
LCDDEN	STN 驱动 AC 偏置信号或数据使能信号 (TFT)	输出

LCDD[23 : 0]	LCD 数据总线输出	输出
--------------	------------	----

## 37.4 产品相关属性

### 37.4.1 I/O 口

用于连接 LCD 控制器的引脚可以和 PIO 口复用。编程者必须首先编程 PIO 控制器来指定这些引脚的外设功能。如果应用程序未使用 LCD 控制器的 I/O 口，则这些 IO 口可被 PIO 控制器用于其他目的。

### 37.4.2 电源管理

LCD 控制器不是一直在工作。由于 LCD 控制器连在 AHB 总线上，其时钟是通过设置 PMC\_SCER 寄存器中的 HCKx 位使能的。

### 37.4.3 中断源

LCD 控制器中断口连接于高级中断控制器 (AIC) 的内部中断源之一。使用 LCD 控制器中断需要首先编程 AIC。

## 37.5 功能说明

LCD 控制器由两部分组成 (图 37-1)，DMA 控制器和 LCD 控制器内核 (LCDC 核)。DMA 控制器通过 AHB 主控接口从外部存储器读取显示数据。LCD 控制器内核规范化这些显示数据。LCD 控制器内核通过 LCD 数据总线 (LCDD[23: 0]) 连续的把像素数据输送到 LCD 模组；此总线由 LCDDOTCK, LCDDEN, LCDHSYNC 和 LCDVSYNC 信号同步。

### 37.5.1 DMA 控制器

#### 37.5.1.1 配置模块

配置模块是一组用于配置 DMA 控制器工作的可编程寄存器。通过 AHB 从机接口写这些寄存器。仅允许按字访问。

配置寄存器的更多细节，见“LCD 控制器 (LCDC) 用户接口”

#### 37.5.1.2 AHB 接口

该模块产生 AHB 事务。产生未定义长度自增的脉冲以及 4-、8-或 16-拍自增脉冲。传输长度可在 DMAFRMCFG 寄存器中的 BRSTLN 域配置。该寄存器详情见“DMA 帧配置寄存器”

#### 37.5.1.3 U 通道

该模块记录从帧起始时存储基地址计算的偏移地址和传输到该通道 (单扫描模式的帧和双扫描模式的上部画面) 的字数。同时产生帧结束信号。

它有两个指针，基地址和传输字数。当模组接收到一个新帧，将重新装载带帧/画面大小的传输字数指针。当模组接收到新帧信号，也重新装载由主机编程的基地址。

帧/画面的大小可通过 DMAFRMCFG 寄存器的 FRMSIZE 域编程。计算方法如下：

- TFT 模式：

$$\text{帧大小} = \frac{\text{Display\_size} \times \text{Bpp}}{32}$$

- STN 单色模式：

$$\text{帧大小} = \left[ \frac{(\text{LINEVAL} + 1) \times (\text{HOZVAL} + 1) \times \text{E\_ifwidth} \times \text{Bpp}}{32} \right]$$

- STN 彩色模式:

$$\text{帧大小} = \frac{(\text{LINEVAL} + 1) \left( \frac{(\text{HOZVAL} + 1) \times \text{E\_ifwidth}}{3} \right) \text{Bpp}}{32}$$

注:

- LINEVAL 是 LCD 控制器 LCDFRMCFG 寄存器的 LINEVAL 域
- HOZVAL 是 LCD 控制器 LCDFRMCFG 寄存器的 HOZVAL 域
- E\_ifwidth 是 LCD 接口的数据位数
- Bpp 是每像素配置位。

#### 37.5.1.4 L 通道

该模块有如 U 通道同样的功能，但仅用于双扫描模式的 lower 画面。

#### 37.5.1.5 控制

该模块从 LCDC 内核接收请求信号并对通道发出请求。

### 37.5.2 LCD 控制器内核

#### 37.5.2.1 配置块

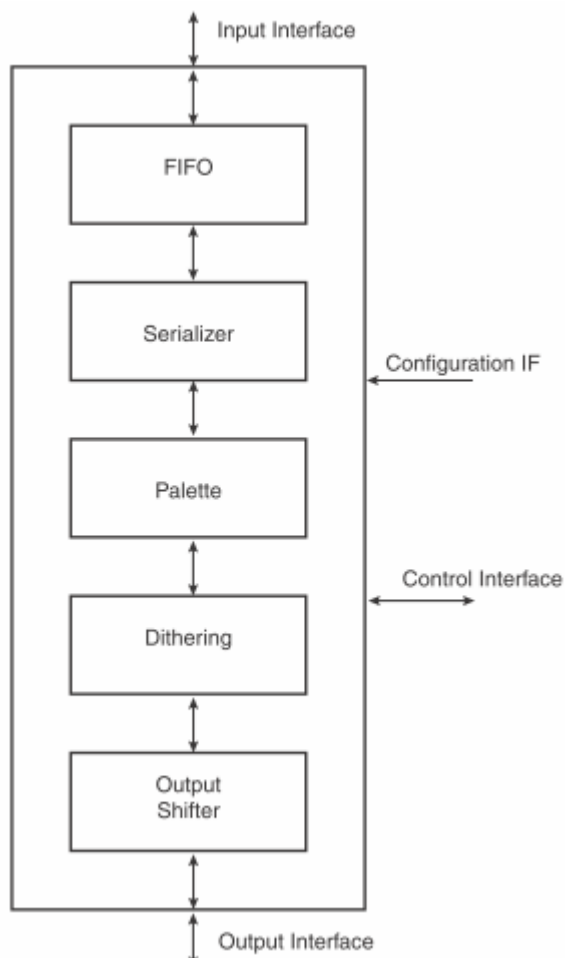
配置块是一组用于配置 LCDC 内核工作的可编程寄存器。可通过 AHB 从接口写这些寄存器。仅允许按字访问。

这些配置寄存器的说明见“LCD 控制器用户接口”

#### 37.5.2.2 数据路径

数据路径方块包括五个子模块：FIFO，序列器，调色板，抖动和移位器。数据路径的结构见图 37-2

图 37-2 数据路径结构



该模块将从存储器读取的数据转换到 LCD 模组使用的格式。有四个不同的接口：输入接口，输出接口，配置接口和控制接口。

- 输入接口连接数据路径到 DMA 控制器。这是带一个数据总线和两个注入口的双 FIFO 接口，用于 DMA 控制器降数据填入 FIFO
- 输出接口是个 24 位数据总线。该接口的配置取决于使用的 LCD 类型（TFT 或 STN，单或双扫描，4 位，8 位，16 位或 24 位接口）
- 配置接口连接数据路径和配置块。用于选择不同数据路径的配置。
- 控制接口连接数据路径和时序发生块。主控制信号是数据请求信号，时序发生模块用来从数据路径请求新数据。

数据路径可由两个参数描述：`initial_latency` 和 `cycles_per`。`initial_latency` 参数定义为到数据路径输出第一个可用数据时 LCDC 内核时钟周期。`cycles_per` 参数是输出接口两个连续数据见 LCDC 内核时钟周期的最小数。

这些参数 LCD 控制器的不同配置的差异见表 37-2

表 37-2 数据路径参数

配置			initial_latency	cycles_per_data
DISTYPE	SCAN	IFWIDTH		
TFT			9	1
STN 单色	单	4	13	4
STN 单色	单	8	17	8
STN 单色	双	8	17	8

STN 单色	双	16	25	16
STN 彩色	单	4	11	2
STN 彩色	单	8	12	3
STN 彩色	双	8	14	4
STN 彩色	双	16	15	6

### FIFO

FIFO 块缓冲从 DMA 模块读取的输入数据。包括用于双扫描配置的两个输入 FIFO，当用在单扫描配置时配置为单 FIFO。

FIFO 的大小允许支持宽范围的结构。

FIFO 的上限可在 LCDFIFO 寄存器的 FIFOTH 域配置。当每个 FIFO 中的字数少于 FIFOTH 字时 LCDC 内核将请求 DMA 传输。为避免覆盖 FIFO 并最大化 FIFO 的应用，FIFOTH 应该编程为  $FIFOTH = 512 \text{ words} - (2 \times \text{DMA\_BURST\_LENGTH} + 3)$

其中：

- 512 字是 FIFO 的有效字长。是单扫描模式的全 FIFO 存储长度，双扫描模式的半长。
- DMA\_burst\_length 是由 DMA 生成的传输脉冲长度

### 序列器

该方块串行化从存储器读取的数据。它从 FIFO 读取字并且依照 LCDCON2 寄存器的 PIXELSIZE 域中规范的格式输出像素（1 位，2 位，4 位，8 位，16 位或 24 位宽）。也适应存储器定制格式。大端小端格式都支持。在 LCDCON2 寄存器的 MEMOR 域配置。

存储器中的像素数据的组织取决于配置。见表 37-3 和表 37-4

表 37-3 小端存储结构

Mem Addr	0x3								0x2								0x1								0x0							
Bit	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Pixel 1bpp	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Pixel 2bpp	15		14		13		12		11		10		9		8		7		6		5		4		3		2		1		0	
Pixel 4bpp	7				6				5				4				3				2				1				0			
Pixel 8bpp	3								2								1								0							
Pixel 16bpp	1																0															
Pixel 24bpp	1								0																							
Pixel 24bpp	2																1															
Pixel 24bpp	3																2															
Pixel 24bpp	5								4																							

表 37-4 大端存储结构

Mem Addr	0x3								0x2								0x1								0x0							
	Bit	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Pixel 1bpp	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Pixel 2bpp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																
Pixel 4bpp	0	1	2	3	4	5	6	7																								
Pixel 8bpp	0	1	2	3	4	5	6	7																								
Pixel 16bpp	0	1	2	3	4	5	6	7																								
Pixel 24bpp	0	1	2	3	4	5	6	7																								
Pixel 24bpp	1	2	3	4	5	6	7																									
Pixel 24bpp	2	3	4	5	6	7																										
Pixel 24bpp	4	5	6	7																												

### 调色板

此块用于产生像素灰度或调色配置中的彩色数据。palletized/non-palletized 配置的不同模式见表 37-5。这些模式中，1，2，4 或 8 输入位索引到查询表的入口。查询表对应的入口包括像素的彩色或灰度信息

表 37-5 调色配置

配置		调色
DISTYPE	PIXELSIZE	
TFT	1, 2, 4, 8	Palletized
TFT	16, 24	Non-palletized
STN 单色	1, 2	Palletized
STN 单色	4	Non-palletized
STN 彩色	1, 2, 4, 8	Palletized
STN 彩色	16	Non-palletized

主机可以 R/W 模式访问查询表，所以允许主机编程和检查存储在调色板中的值。映射到 LCD 控制器配置存储器。LUT 映射为以字边界对齐的 16 位半字，仅允许字写入访问（总线的 16MSB 未用）。更多存储器映射的细节见表 37-12

查询表包括 256 个 16 位宽的入口。编程者从 2 的 16 次方个组合中选择 256 个入口。

每个 LUT 入口的结构 见表 37-6

表 37-6 存储器中的查询表结构

地址	数据输出[15: 0]			
00	Intensity_bit_0	Blue_value_0[4:0]	Green_value_0[4:0]	Red_value_0[4:0]
01	Intensity_bit_2	Blue_value_1[4:0]	Green_value_1[4:0]	Red_value_1[4:0]
...				
FE	Intensity_bit_254	Blue_value_254[4:0]	Green_value_254[4:0]	Red_value_254[4:0]
FF	Intensity_bit_255	Blue_value_255[4:0]	Green_value_255[4:0]	Red_value_255[4:0]

在 STN 单色模式，仅使用红色值的四个最高位（16 个灰度）。在 STN 彩色模式，仅使用蓝

色，绿色和红色值的四个最高位（4096 色）。

在 TFT 模式，使用蓝色，绿色和红色的所有位（32768 色）。该模式中，还可使用共有的一个亮度位来倍增可能的色彩。该位是 LCDD 接口(LCDD[18], LCDD[10],LCDD[2])中每种色彩元素的最低位。当使用 TFT 调色板配置(LCDD[17:16], LCDD[9:8], LCDD[1:0])时 LCDD 中未用位固定位 0。

### 抖动

当 LCD 控制器驱动 STN LCD 模组时，抖动模块用来产生灰度或彩色度。用时基抖动算法和帧速率控制方法。

帧速率控制改变设定的打开状态的像素的占空比，给出多级色度性能的显示。为了减少由相邻像素的同时开关导致的闪动噪声，用时基抖动算法改变每帧相邻像素的类型。该算法用抖动类型寄存器（DP\_i）表示。不仅仅考虑像素的灰度级数，还考虑其水平坐标。

表 37-7 抖动占空比

灰度级	占空比	图形寄存器
15	1	-
14	6/7	DP6_7
13	4/5	DP4_5
12	3/4	DP3_4
11	5/7	DP5_7
10	2/3	DP2_3
9	3/5	DP3_5
8	4/7	DP4_7
7	1/2	-DP1_2
6	3/7	-DP4_7
5	2/5	-DP3_5
4	1/3	-DP2_3
3	1/4	-DP3_4
2	1/5	-DP4_5
1	1/7	-DP6_7
0	0	-

灰度 0 和灰度 15 的占空比分别是 0 和 1。

其占空比和为 1（如，1/7 和 6/7）的相同的 DP\_i 寄存器可成对使用。第一对元素的抖动图形是第二对元素的抖动图形的反相。

DP\_i 寄存器包括一系列的 4 位类型。类型的  $(3-m)^{th}$  位决定当前帧中水平坐标  $x=4n+m$ （n 为整数，m 为 0 到 3 的数）的像素是否应该打开或关闭。此操作见下例。

分别考虑水平坐标位为  $4*n+0, 4*n+1, 4*n+2$  和  $4*n+3$  的 a,b,c 和 d 像素。四个像素应该以 9 级灰度显示所以应使用寄存器 DP3\_5=" 1010 0101 1010 0101 1111"。

单色模式数据输出顺序见表 37-8。

表 37-8 单色模式抖动算法

帧序	类型	像素 a	像素 b	像素 c	像素 d
N	1010	ON	OFF	ON	OFF
N+1	0101	OFF	ON	OFF	ON

N+2	1010	ON	OFF	ON	OFF
N+3	0101	OFF	ON	OFF	ON
N+4	1111	ON	ON	ON	ON
N+5	1010	ON	OFF	ON	OFF
N+6	0101	OFF	ON	OFF	ON
N+7	1010	ON	OFF	ON	OFF
...					

考虑当前彩色显示模式和水平坐标为  $4*n+0$ , 和  $4*n+1$  的两个像素  $p_0$  和  $p_1$ 。一个彩色像素由三个元素构成:  $\{R,G,B\}$ 。发送彩色元素  $\{R_0, G_0, B_0\}$  到显示器将显示像素  $p_0$ 。发送彩色元素  $\{R_1, G_1, B_1\}$  到显示器将显示像素  $p_1$ 。假设从存储器读取的和映射到查询表的数据对应两个像素的三色的灰度 10, 则抖动图形将所有数据应用位  $DP2\_3 = "1101 1011 0110"$ 。表 37-9 表示了单扫描配置数据输出总线的输出顺序。(双扫描配置中, 每个画面数据总线作用和三扫描配置等效。)

表 37-9 彩色模式抖动算法

帧	信号	灰度	使用位	抖动	4 位 LCDD	8 位 LCDD	输出
N	red_data_0	1010	3	1101	LCDD[3]	LCDD[7]	R0
N	green_data_0	1010	2	1101	LCDD[2]	LCDD[6]	G0
N	blue_data_0	1010	1	1101	LCDD[1]	LCDD[5]	b0
N	red_data_1	1010	0	1101	LCDD[0]	LCDD[4]	R1
N	green_data_1	1010	3	1101	LCDD[3]	LCDD[3]	G1
N	blue_data_1	1010	2	1101	LCDD[2]	LCDD[2]	B1
...							
N+1	red_data_0	1010	3	1011	LCDD[3]	LCDD[7]	R0
N+1	green_data_0	1010	2	1011	LCDD[2]	LCDD[6]	g0
N+1	blue_data_0	1010	1	1011	LCDD[1]	LCDD[5]	B0
N+1	red_data_1	1010	0	1011	LCDD[0]	LCDD[4]	R1
N+1	green_data_1	1010	3	1011	LCDD[3]	LCDD[3]	G1
N+1	blue_data_1	1010	2	1011	LCDD[2]	LCDD[2]	b1
...							
N+2	red_data_0	10103	3	0110	LCDD[3]	LCDD[7]	r0
N+2	green_data_0	1010	2	0110	LCDD[2]	LCDD[6]	G0
N+2	blue_data_0	1010	1	0110	LCDD[1]	LCDD[5]	B0
N+2	red_data_1	1010	0	0110	LCDD[0]	LCDD[4]	r1
N+2	green_data_1	1010	3	0110	LCDD[3]	LCDD[3]	g1
N+2	blue_data_1	1010	2	0110	LCDD[2]	LCDD[2]	B1
...							

注意: Ri=红色像素单元 ON, Gi=绿色像素单元 ON, Bi=蓝色像素单元 ON。Ri=红色像素单元 OFF, gi=绿色像素单元 OFF, bi=蓝色像素单元 OFF。

*移位寄存器*

FIFO, 串行转换器, 调色板和抖动模块在单色模式下每次处理一个像素, 在彩色(R,G,B 单元)模式下每次处理三个子像素。该模块根据输出接口打包数据。可用 LDCCON3

寄存器的 DISTYPE, SCANMOD, 和 IFWIDTH 域编程输出接口。

DISTYPE 域选择 TFT, STN 单色和 STN 彩色显示。SCANMODE 域选择单双扫描模式。

(IFWIDTH 域配置 STN 模式下接口宽度: 4 位 (仅单色扫描模式), 8 位和 16 位 (仅双扫描模式))。

关于域的更多说明见“LCD 控制器用户接口”

关于 LCD 接口的更多说明见“LCD 接口”

### 37.5.2.3 Timegen

LCD 模组用时序发生器模块产生控制信号 LCDDOTCK, LCDHSYNC, LCDVSYNC, LCDDEN。该模块可编程, 支持不同类型的 LCD 模组, 并获得来自 LCDC 内核时钟的输出时钟信号。

用 LCDDOTCK 信号协调数据进入 LCD 驱动移位寄存器。默认 LCDDOTCK 下降沿(可选上升沿)同步的 LCDD[23: 0]发送数据。LCDCON1 寄存器的 CLKVAL 域控制该信号速率。LCDCON1 寄存器中的 BYPASS 位可绕开分频器。该情况下, LCDDOTCK 的速率等于 LCDC 内核时钟频率。LCDDOTCK 信号的最小周期取决于配置。见表 37-10。

$$T_{LCDDOTCK} = \frac{LCDC\_clock}{2 \times CLKVAL}$$

可通过 LCDCON2 寄存器的 CLKMOD 域选择 LCDDOTCK 信号的两种不同的时序:

- 总是有效 (使用 TFT LCD 模组)
- 仅当数据可用时有效 (STN LCD 模组)

表 37-10 LCDC 内核时钟周期下最小的 LCDDOTCK 周期

配置			LCDDOTCK 周期
DISTYPE	SCAN	IFWIDTH	
TFT			1
STN 单色	单	4	4
STN 单色	单	8	8
STN 单色	双	8	8
STN 单色	双	16	16
STN 彩色	单	4	2
STN 彩色	单	8	2
STN 彩色	双	8	4
STN 彩色	双	16	6

LCDDEN 信号指示 LCD 接口上的有效数据。

在每次水平扫描数据被移位到 LCD 后, LCDHSYNC 有效并使接口的数据显示到面板上。

以下时序参数可配置:

- 垂直到水平延迟(VHDLY): begin\_of\_line 和 LCDHSYNC 的产生之间的延迟可在 LCDTIM1 寄存器中的 VHDLY 域配置。延迟等于(VHDLY+1) LCDDOTCK 周期。
- 水平脉冲宽度 (HPW): 在 LCDTIM2 寄存器中的 HPW 域配置 LCDHSYNC 脉冲宽度。宽度等于(HPW + 1) LCDDOTCK 周期
- 水平后边沿 (HBP): LCDHSYNC 下降沿和 LCD 接口有效数据的第一个 LCDDOTCK 的上升沿之间的延迟在 LCDTIM2 寄存器中的 HBP 中配置。该延迟等于 (HBP+1) LCDDOTCK 个周期。

- 水平前沿 (HFP): 有效数据结尾和行结尾之间的延迟在 LCDTIM2 寄存器中的 HFP 域中配置。该延迟等于  $(HFP+1)LCDDOTCK$  个周期。

数据路径的初始等待时间对参数 VHPLY, HPW 和 HBP 的最小值有限制。LCDC 时钟周期中的总延迟必须大于等于表 37-2 中的等待时间。以下公式给出该限制:

$$\text{等式一: } (VHDLY + HPW + HBP + 3) \times PCLK\_PERIOD \geq DPATH\_LATENCY$$

其中:

- VHPLY, HPW, HBP 是 LCDTIM1 和 LCDTIM2 寄存器中的域值。
- PCLK\_PERIOD 是 LCDC 时钟周期中测量的 LCDDOTCK 信号周期
- DPATH\_LATENCY 是表 37-2 中给出的配置的数据路径延迟

LCDVSYNC 每帧被激活一次。激活该信号导致回扫。该信号的时序取决于 LCD 的类型: STN 或 TFT LCD。

在 STN 模式, 高相位对应帧的完整的第一行。在 STN 模式, 该信号和一行中第一个有效的 LCDDOTCK 上升沿同步。

在 TFT 模式, 该信号的高相位在第一行的起始位置开始。可选以下时序参数:

- 垂直脉冲宽度(VPW): LCDTIM1 寄存器中的 VPW 域配置 LCDVSYNC 脉冲宽度。该脉冲宽度等于  $(VPW+1)$  行。
- 垂直后边沿: 在 LCDTIM1 寄存器的 VBP 域中配置帧起始的当前行数。非当前行数等于 VBP。STN 模式该域应该编程为 0。
- 垂直前边沿: 在 LCDTIM2 寄存器中的 VFP 域配置帧结束的无效行数。无效行数等于 VFP。STN 模式该域应该编程为 0。

该模块中有两个另外可配置的参数, LCDFRMCFG: 中的 HOZVAL 和 LINEVAL 域:

- HOZVAL 配置每行中有效 LCDDOTCK 周期数。每行中的有效周期数等于  $(HOZVAL+1)$  个周期。该参数的最小值为 1。
- LINEVAL 配置每帧中有效行数。有效行数等于  $(LINEVAL+1)$  行。该参数的最小值为 1。

图 37-3 和图 37-4 和图 37-5 展示了 LCDDOTCK, LCDDEN, LCDHSYNC 和 LCDVSYNC 信号。

图 37-3 STN 画面时序, CLKMOD0

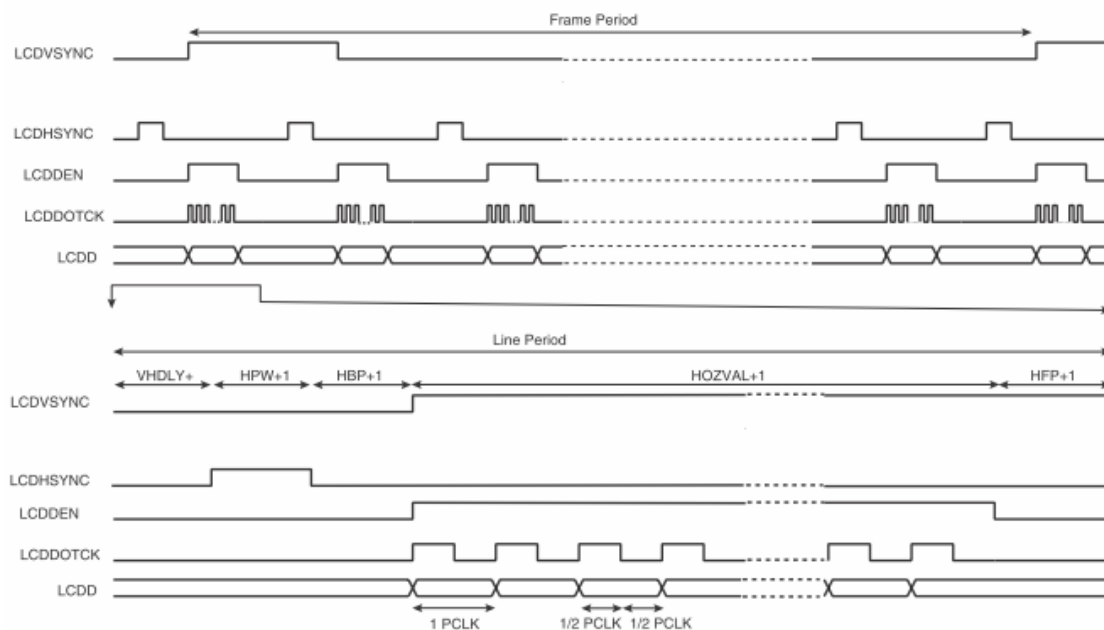


图 37-4 TFT 面板时序，CLKMOD=0，VPW=2，VFP=1

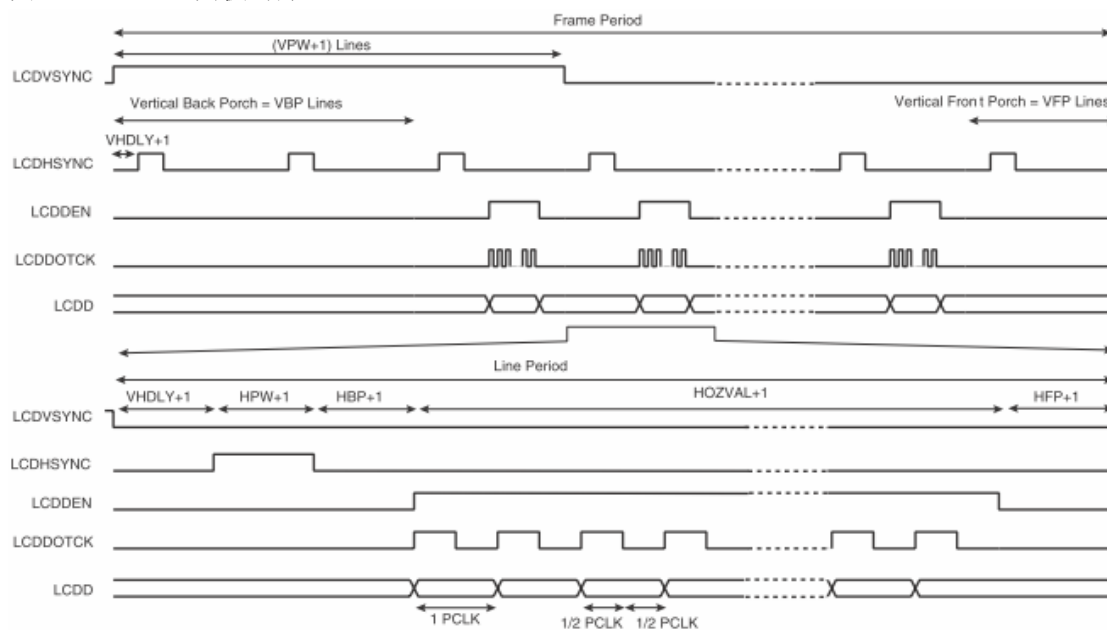
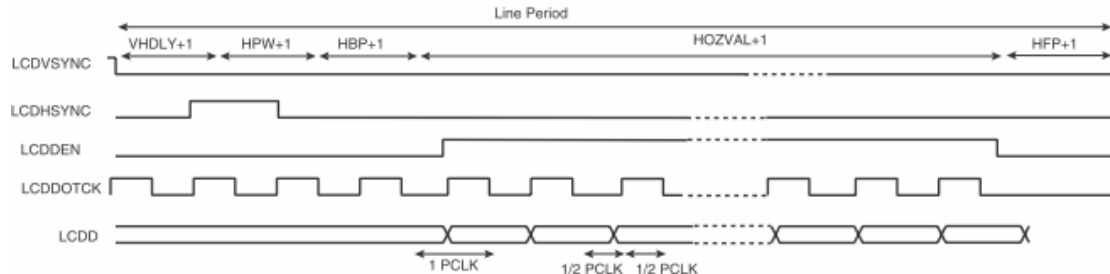


图 37-5 TFT 面板时序（行扩展图），CLKMOD=1



通常 LCD\_FRM 速率大约 70 赫兹到 75 赫兹。由以下等式给出：

$$\frac{1}{f_{LCDVSYNC}} = \left( \frac{VHDLY + HPW + HBP + HOZVAL + HFP + 5}{f_{LCDDOTCK}} \right) (VBP + LINEVAL + VFP + 1)$$

其中：

- HOZVAL 决定每行的 LCDDOTCK 周期数
- LINEVAL 决定每帧的 LCDHSYNC 周期数。根据以下表达式：  
STN 模式：

$$\text{HOZVAL} = \frac{\text{Horizontal\_display\_size} - 1}{\text{Number\_data\_lines}}$$

$$\text{LINEVAL} = \text{Vertical\_display\_size} - 1$$

单色模式，Horizontal\_display\_size 等于水平像素数。单扫描模式下 number\_data\_lines 等于接口的位数；双扫描模式下等于接口位数的一半

彩色模式下，Horizontal\_display\_size 等于水平像素数的三倍。

TFT 模式：

$$\text{HOZVAL} = \text{Horizontal\_display\_size} - 1$$

$$\text{LINEVAL} = \text{Vertical\_display\_size} - 1$$

不考虑加在起始结束或每行结束的时钟周期，通过帧速率方程决定，大概的

$$\text{LCDDOTCK 速率: } f_{\text{lcd\_pclk}} = (\text{HOZVAL} + 5) \times (f_{\text{lcd\_vsync}} \times (\text{LINEVAL} + 1))$$

有了此值则 CLKVAL 固定，对应的 LCDDOTCK 速率也确定。

然后根据所用的 LCD 类型和方程式 1 选择 VHDLY, HPW 和 HBP.

最后，帧速率被 HFP 值调整为 70 赫兹到 75 赫兹：

$$\text{HFP} = f_{\text{LCDDOTCK}} \times \left[ \frac{1}{f_{\text{LCDVSYNC}} \times (\text{LINEVAL} + \text{VBP} + \text{VFP} + 1)} \right] - (\text{VHDLY} + \text{VPW} + \text{VBP} + \text{HOZVAL} + 5)$$

LCDCON1 寄存器中的只读域 LINECNT 控制行计数。LCDHYSNC 的每次下降沿时某装置递减 LINECNT 域。

#### 37.5.2.4 显示

该模块用来配置数据和控制信号的极性。LCDCON2[12:8] 寄存器设置可配置所有时钟信号的极性。该模块还内部产生 lcd\_pwr 信号用于控制 LCD 引脚的状态，用于由软件打开或关闭 LCD 模块。

PWRCON 寄存器控制该信号。该信号考虑 LCD\_PWR 域(PWRCON[0]) 写访问和 lcd\_pwr 信号的激活禁用之间 PWRCON 寄存器的 GUARD\_TIME 域(PWRCON[7:1])中配置的帧数。

GUARD\_TIME 域的最小值是一帧。这给 DMA 控制器足够的时间在数据开始传输到 LCD 之前填满 FIFO。

#### 37.5.2.5 PWM

该模块产生 LCD 对比度控制信号 (LCDCC) 使得显示对比度可由软件控制。这是一个 8 位 PWM (脉冲宽度调制) 信号，可用一个简单的被动过滤器转换为模拟电压值。

PWM 模块有一个自由运行的计数器，计数器的值和对比寄存器 (CONSTRAST\_VAL 寄存器) 对比。如果计数器中的值小于寄存器中的，则输出将极性位 (POL) 的值带到 PWM 控制寄存器: CONTRAST\_CTR。否则，输出相反的值。因此，产生一个和比较寄存器中的值成比例的脉冲宽度的周期波形。

由于比较机理，输出脉冲宽度为 0 到 255PWM 计数器周期。因此通过芯片外增加一个简单的无源过滤器，获得一个 0 和  $(255/256) \times VDD$  之间的模拟电压 (对正极性情况，负极性时  $(1/256) \times VDD$  和  $VDD$  之间)。其他电压值可通过增加外部有源电路获得。

PWM 模式，可用 CONTRAST\_CTR 寄存器的 PS 域调整计数器频率为四个不同的值。

### 37.5.3 LCD 接口

LCD 控制器通过 LCD 接口（表 37-11）和 LCD 模块连接。控制器支持以下接口配置：24 位 TFT 单扫描，16 位 STN 双扫描单色（彩色），8 位 STN 双（单）扫描单色（彩色），4 位单扫描单色（彩色）。

4 位单扫描 STN 显示使用 4 个并行数据口转移数据以每次连续的单水平扫描一次直到整个帧已被转移并传输完毕。LCD 数据总线的 4LSB 引脚(LCDD [3:0]) 可直接连接到 LCD 驱动器；未使用 20MSB 引脚(LCDD [23:4]) 。

8 位单扫描 STN 显示使用 8 个并行数据口转移数据以每次连续的单水平扫描一次直到整个帧已被转移并传输完毕。LCD 数据总线的 8 个 LSB 引脚(LCDD [7:0]) 可直接连接到 LCD 驱动器；未使用 16MSB 引脚(LCDD [23:8])。

8 位双扫描 STN 显示使用 2 组 4 个并行数据口转移数据使每次连续的上下画面水平扫描一次直到整个帧已完成转移和传输。总线 LCDD[3:0] 连接到上部面板数据口，总线 LCDD[7:4] 连接到下部面板数据口。LCD 数据总线其余的接口(LCDD[23:8]) 未被使用。

16 位双扫描 STN 显示使用两组 8 个并行数据口传输数据使得上部和下部面板水平扫描连续进行，直到整帧传输完毕。总线 LCDD[7:0] 连接到上面板数据接口，LCDD[15:8] 连接到下面板数据接口。其余的 LCD 数据总线接口(LCDD[23:16]) 未被使用。

STN 单色显示每像素需要一个图像数据位。STN 彩色显示每像素需要三个图像数据位（红绿蓝），导致每个水平接口的长度水平移位寄存器数是像素数的三倍。RGB 或单色数据通过并行数据接口按照顺序位转移到 LCD 驱动器。

TFT 单扫描显示使用多达 24 个并行数据接口转移数据使每次连续的水平扫描一次直至整帧已转移并传输完毕。24 个数据接口被分成三个字节来定义每像素的每个彩色单元的色深。LCDD 总线被分割，LCDD[23:16]被分为蓝色单元，LCDD[15:8] 为绿色单元，LCDD[7:0] 是红色单元。如果 LCD 模组有更低的分辨率（每个彩色单元更少的位），仅使用每个单元的最高位。

所有这些接口如图 37-6 到图 37-10 所示。图 37-6 所展示的是 24 位单扫描 TFT 显示时序；图 37-7 所示为 4 位单扫描 STN 单色和彩色显示时序；图 37-8 所示为 8 位单扫描 STN 单色和彩色显示时序；图 37-9 所示位 8 位双扫描 STN 单色和彩色显示时序；图 37-10 所示为 16 位双扫描单色和彩色显示时序。

图 37-6 TFT 时序（首行扩展图）

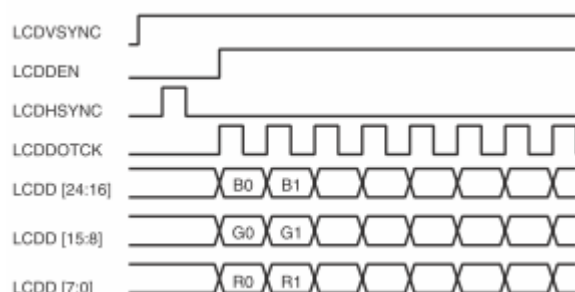


图 37-7 单色和彩色单扫描 4 位面板时序（首行扩展图）

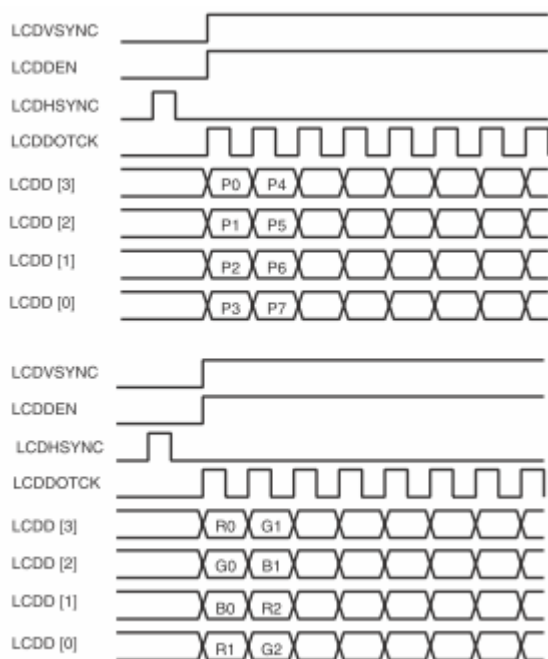


图 37-8 单色和彩色单扫描 8 位面板时序（首行扩展图）、

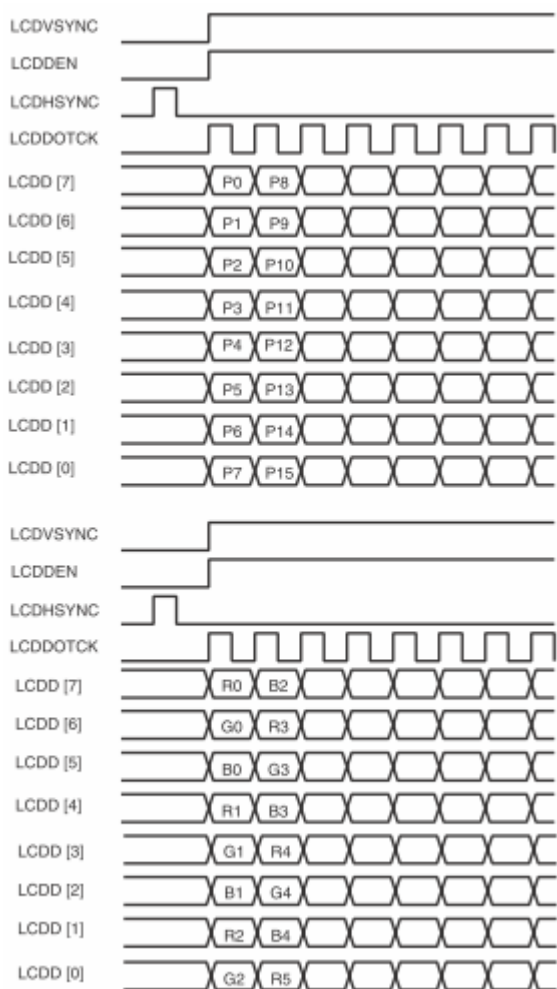


图 37-9 单色和彩色双扫描 8 位面板时序（首行扩展图）

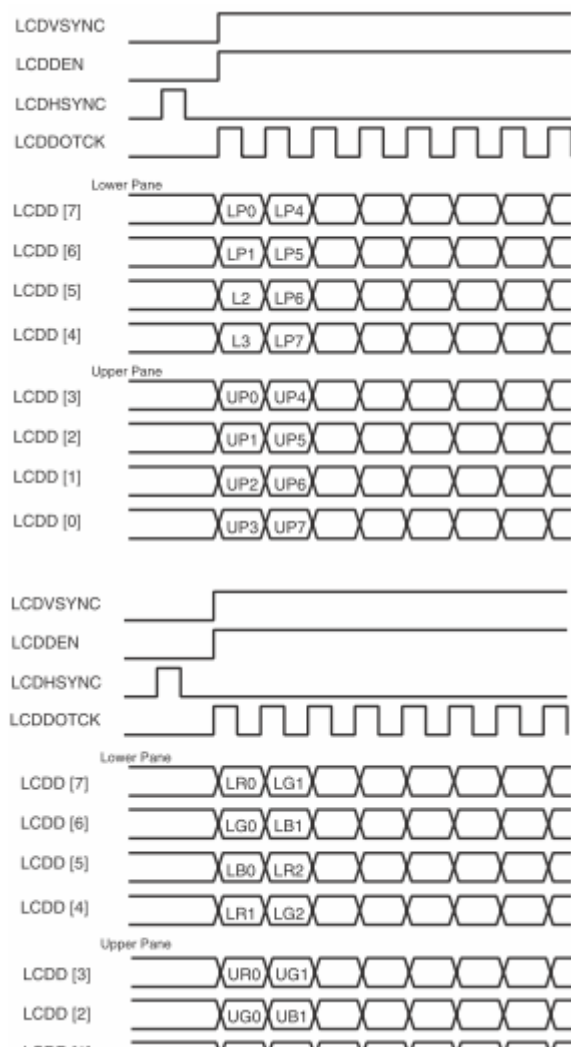


图 37-10 单色和彩色双扫描 16 位画面时序（首行扩展图）

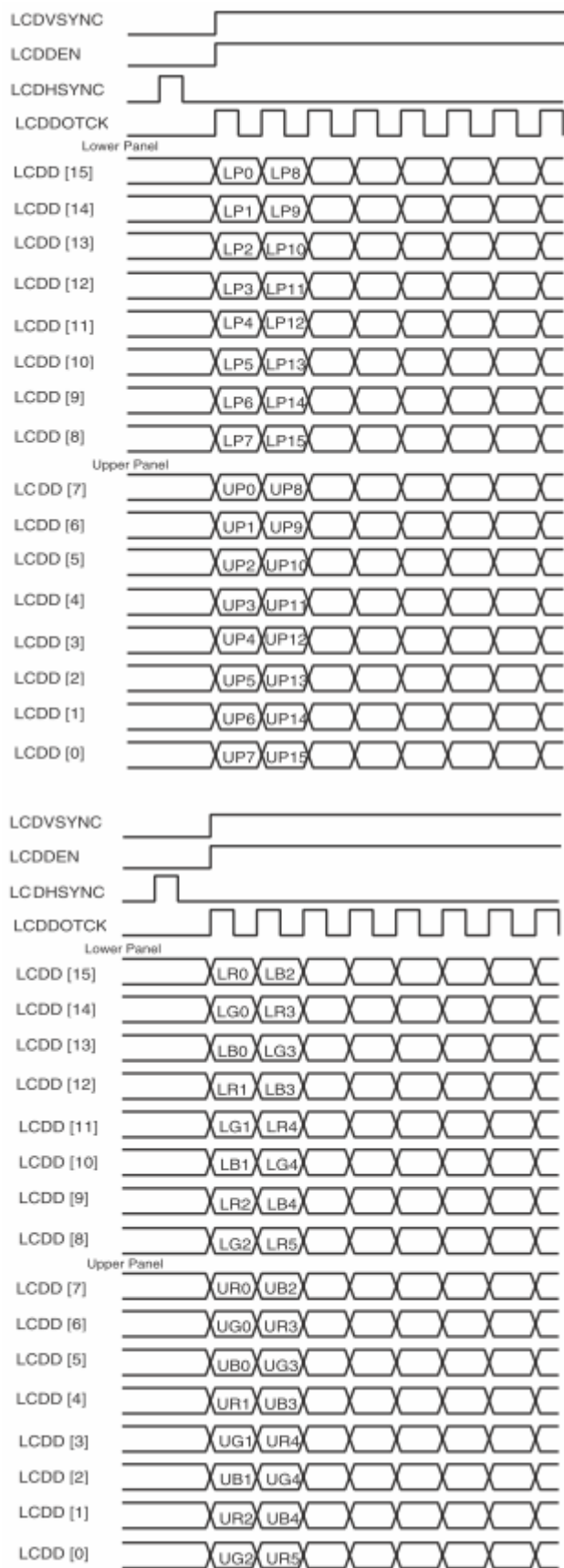


表 37-11 LCD 信号多路复用

LCD 数据总线	扫描 (单, 彩)	扫描 (单, 彩)	扫描 (单, 彩)	扫描 (单, 彩)	24 位 TFT	16 位 TFT
LCDD[23]					LCD_BLUE7	LCD_BLUE4
LCDD[22]					LCD_BLUE6	LCD_BLUE3
LCDD[21]					LCD_BLUE5	LCD_BLUE2
LCDD[20]					LCD_BLUE4	LCD_BLUE1
LCDD[19]					LCD_BLUE3	LCD_BLUE0
LCDD[18]					LCD_BLUE2	Intensity Bit
LCDD[17]					LCD_BLUE1	
LCDD[16]					LCD_BLUE0	
LCDD[15]				LCDLP7	LCD_GREEN7	LCD_GREEN4
LCDD[14]				LCDLP6	LCD_GREEN6	LCD_GREEN3
LCDD[13]				LCDLP5	LCD_GREEN5	LCD_GREEN2
LCDD[12]				LCDLP4	LCD_GREEN4	LCD_GREEN1
LCDD[11]				LCDLP3	LCD_GREEN3	LCD_GREEN0
LCDD[10]				LCDLP2	LCD_GREEN2	Intensity Bit
LCDD[9]				LCDLP1	LCD_GREEN1	
LCDD[8]				LCDLP0	LCD_GREEN0	
LCDD[7]		LCD7	LCDLP3	LCDUP7	LCD_RED7	LCD_RED4
LCDD[6]		LCD6	LCDLP2	LCDUP6	LCD_RED6	LCD_RED3
LCDD[5]		LCD5	LCDLP1	LCDUP5	LCD_RED5	LCD_RED2
LCDD[4]		LCD4	LCDLP0	LCDUP4	LCD_RED4	LCD_RED1
LCDD[3]	LCD3	LCD3	LCDUP3	LCDUP3	LCD_RED3	LCD_RED0
LCDD[2]	LCD2	LCD2	LCDUP2	LCDUP2	LCD_RED2	Intensity Bit
LCDD[1]	LCD1	LCD1	LCDUP1	LCDUP1	LCD_RED1	
LCDD[0]	LCD0	LCD0	LCDUP0	LCDUP0	LCD_RED0	

### 37.6 中断

LCD 控制器产生六种不同的中断请求。所有中断请求由内部 LCD 内核时钟同步。这些中断请求是：

- DMA 存储器错误 IRQ。当 DMA 正在传输数据时从 AHB 从机接收到一个错误响应的时候产生。
- FIFO 下溢 IRQ。当 FIFO 空时并行转换器试图从 FIFO 读取到一个字，这时产生 IRQ。
- FIFO 覆盖 IRQ。当 FIFO 满时 DMA 控制器试图向 FIFO 写入字时产生 IRQ。
- DMA 帧结束 IRQ。当 DMA 控制器更新帧基地址指针时产生 IRQ。该 IRQ 可被用来实现双缓冲技术。更多详情见“双缓冲技术”
- 行结束 IRQ。当每行的 LINEBLANK 周期达到并且 DMA 控制器处于无效状态时产生该 IRQ。
- 最后一行结束 IRQ。当前帧的最后一行的 LINEBLANK 周期达到并且 DMA 控制器无效状态时产生该 IRQ。

每个 IRQ 可在 LCD\_IER（中断使能寄存器），LCD\_IDR（中断禁用寄存器），LCD\_ICR（中断清除寄存器）独立的使能，禁用或清零。LCD\_IMR 寄存器包括对每个 IRQ 源的屏蔽值，LDC\_ISR 包括每个 IRQ 源的状态。这些寄存器的更多细节见“LCD 控制器用户接口”

### 37.7 配置顺序

当 LCDC 内核被激活（向 PWRCON 寄存器中的 LCD\_PWR 域写入数据），DMA 控制器开始传输图片数据。因此，用户应该配置 LCDC 内核并且配置和使能 DMA 控制器优先于 LCD 控制器。另外，当 LCDC 内核被激活的时候图像数据可显示，不管 PWRCON 寄存器中的 GUARD\_TIME 域中的值。

要禁用 LCD 控制器，用户应该禁用 LCDC 内核然后禁用 DMA 控制器。用户不能再使能 LIP 直到 LCDC 内核处在 IDLE 状态。可通过读取 PWRCON 寄存器中的 LCD\_BUSY 位检查。

用户要使 LCDC 工作，应该遵循的初始化顺序：

- 创建或复制第一张图像，在显示缓冲存储器中显示
- 如果使用 palletized 模式，在内部 LCD Palette 存储器中创建并存储一个调色板。
- 配置 LCD 控制器内核，而不使能它：

-LCDCON1 寄存器：编程 CLKVAL 和 BYPASS 域：这些域控制像素时钟分频器。分频器用来产生像素时钟 LCDDOTCK。编程值取决于 LCD 内核时钟，LCD 模组的尺寸和类型。LCDDOTCK 时钟周期的最小值取决于 LCD 控制器配置，该最小值可在表 37-10 中找到。方程式用于计算像素时钟分频，可在"Timegen"段尾找到。

-LCDCON2 寄存器：按照下面 LCD 控制器用户接口段的说明并且考虑 LCD 模组的类型和想要的工作模式编程其域。考虑并非所有组合都可以。

-LCDTIM1 和 LCDTIM2 寄存器：根据 LCD 模组的的数据手册和 Timegen 段的帮助编程寄存器的域。注意一些域并不适用于 STN 模组，并且必须用 0 值编程。也要注意根据 LCDC 配置，VHDLY，HPW，HBP 的最小值有限制。

-LCDFRMCFG 寄存器：编程 LCD 的尺寸。

-LCDFIFO 寄存器：用"FIFO"段中的公式编程

-DP1\_2 到 DP6\_7 寄存器：仅用于 STN 显示。它们包括用于产生灰阶或彩色的抖动类型。在复位时用将会用推荐的值装载这些寄存器，所以可以不用写入。在不同的应用中可以通过转变类型来提高画面质量。

-PWRCON 寄存器：此寄存器控制 LCD 的上电顺序，所以要注意正确使用。不要使能 LCD（向 LCD\_PWR 域写 1）直到前一步和 DMA 的配置已经完成。

-CONTRAST\_CTR 和 CONTRAST\_VAL：当 LCDCC 接口被使用时，用该寄存器调整显示的对比度。

- 配置 DMA 控制器。用户应该配置显示缓冲存储器的基地址，AHB 处理的大小和存储器中显示图像的大小。当配置 DMA 的时候用户应该使能 DMA。这样做的话用户应该配置以下寄存器：

-DMABADDR1 和 DMABADDR2 寄存器：单扫描模式下仅 DMABADDR1 寄存器必须用存储器中显示缓冲的基地址配置。双扫描模式下 DMABADDR1 应该用上画面显示缓冲基地址配置，DMABADDR2 应该用下画面显示缓冲基地址配置

-DMAFRMCFG 寄存器：编程 FRMSIZE 域。双扫描模式下每个画面的垂直尺寸。关于 BRSTLN 域，推荐值为一个 4 字的脉冲。

-DMACON 寄存器：一旦 LCD 控制器内核和 DMA 控制器已被配置，通过向该寄

寄存器中的 DMAEN 域写 1 来使能 DMA 控制器。

- 最后，通过向 PWRCON 寄存器的 LCD\_PWR 域写 1 来使能 LCD 控制器内核，其他任何动作都需要 LCD 模组已开启。

### 37.8 双缓冲技术

双缓冲技术被用于避免修改当前显示帧造成的闪烁。不同于使用一个缓冲，这里有两个不同的缓冲，后缓冲（后台缓冲）和前景缓冲（正在显示的缓冲）

当 LCD 控制器正在显示前景时主机更新后缓冲。当后缓冲已被更新则主机更新 DMA 基地址寄存器。

当使用双画面 LCD 模组时，两个基地址指针都应该在同一帧被更新：有两种可能：

- 检查 DMAFRMPTx 寄存器确保有足够的时间在帧结束时更新 DMA 基地址寄存器
- 产生当帧结束 IRQ 时更新帧基地址寄存器

一旦主机更新帧基地址寄存器并且下一个 DMA 帧结束 IRQ 已到达，则交换后缓冲和首缓冲，并且主机可使用新的后缓冲。

### 37.9 寄存器配置指南

编程 PIO 控制器使能 LCD 信号。

在电源管理控制器中使能 LCD 控制器时钟

PMC\_SCER = 1 << 17; //LCDC HCLK = HCK1

#### 37.9.1 STN 模式示例

STN 彩色 (R, G, B) 320\*240, 8 位单扫描, 70 帧每秒, 主控时钟=60M 赫兹

数据速率:  $320*240*70*3/8=2.016\text{MHz}$

HOZVAL= $((3*320)/8) - 1$

LINEVAL=240-1

CLKVAL= $(60 \text{ MHz} / (2*2.016 \text{ MHz})) - 1 = 14$

LCDCON1= CLKVAL << 12

LCDCON2 = LITTLEENDIAN | SINGLESCAN | STNCOLOR | DISP8BIT | PS8BPP

LCDTIM1 = 0

LCDTIM2 = 10 | (10 << 21)

LCDFRMCFG = (HOZVAL << 21) | LINEVAL

DMAFRMCFG =  $(7 << 24) + (320 * 240 * 8) / 32$

#### 37.9.2 TFT 模式示例

此例是基于 NEC TFT 彩色 LCD 模组 NL6448BC20-08。

TFT 640\*480, 16 位单扫描, 60 帧每秒, 像素时钟频率 = [21MHz..29MHz]

典型值 = 25.175 MHz。

主控时钟必须是  $(2*(n + 1))*$ 像素时钟频率

HOZVAL = 640 - 1

LINEVAL = 480 - 1

如果主控时钟位 50MHz

CLKVAL =  $(50 \text{ MHz} / (2*25.175 \text{ MHz})) - 1 = 0$

VFP = (12 - 1), VBP = (31-1), VPW = (2-1), VHDLY=(2-1)

HFP = (16-1), HBP = (48 - 1), HPW=(96-1)

```
LCDCON1= CLKVAL << 12
LCDCON2 = LITTLEENDIAN | CLKMOD |  INVERT_CLK | INVERT_LINE |
INVERT_FRM |PS16BPP| SINGLESCAN | TFT
LCDTIM1 = VFP | (VBP << 8) | (VPW << 16) | (VHDLY << 24)
LCDTIM2 = HBP | (HPW << 8) | (HFP << 21)
LCDFRMCFG = (HOZVAL << 21) | LINEVAL
DMAFRMCFG  = (7 << 24) + (640 * 480* 16) / 32
```

37.10 LCD 控制器 (LCDC) 用户接口

表 37-12 LCD 控制器 (LCDC) 用户接口

偏移量	寄存器	寄存器名	访问类型	复位值
0x0	DMA 基地址寄存器 1	DMABADDR1	R/W	0x00000000
0x4	DMA 基地址寄存器 2	DMABADDR2	R/W	0x00000000
0x8	DMA 帧指针寄存器 1	DMAFRMPT1	只读	0x00000000
0xC	DMA 帧指针寄存器 2	DMAFRMPT2	只读	0x00000000
0x10	DMA 帧地址寄存器 1	DMAFRMADD1	只读	0x00000000
0x14	DMA 帧地址寄存器 2	DMAFRMADD2	只读	0x00000000
0x18	DMA 帧配置寄存器	DMAFRMCFG	R/W	0x00000000
0x1C	DMA 控制寄存器	DMACON	R/W	0x00000000
0x800	LCD 控制寄存器 1	LCDCON1	R/W	0x00000000
0x804	LCD 控制寄存器 2	LCDCON2	R/W	0x00000000
0x808	LCD 时序寄存器 1	LCDTIM1	R/W	0x00000000
0x80C	LCD 时序寄存器 2	LCDTIM2	R/W	0x00000000
0x810	LCD 帧配置寄存器	LCDFRMCFG	R/W	0x00000000
0x814	LCD FIFO 寄存器	LCDFIFO	R/W	0x00000000
0x818	保留			
0x81C	抖动类型 DP1_2	DP1_2	R/W	0xA5
0x820	抖动类型 DP4_7	DP4_7	R/W	0x5AF0FA5
0x824	抖动类型 DP3_5	DP3_5	R/W	0xA5A5F
0x828	抖动类型 DP2_3	DP2_3	R/W	0xA5F
0x82C	抖动类型 DP5_7	DP5_7	R/W	0xFAF5FA5
0x830	抖动类型 DP3_4	DP3_4	R/W	0xFAF5
0x834	抖动类型 DP4_5	DP4_5	R/W	0xFAF5F
0x838	抖动类型 DP6_7	DP6_7	R/W	0xF5FFAFF
0x83C	电源控制寄存器	PWRCON	R/W	0x0000000e
0x840	对比度控制寄存器	CONTRAST_CTR	R/W	0x00000000
0x844	对比度值寄存器	CONTRAST_VAL	R/W	0x00000000
0x848	LCD 中断使能寄存器	LCD_IER	只写	0x0
0x84C	LCD 中断禁用寄存器	LCD_IDR	只写	0x0
0x850	LCD 中断屏蔽寄存器	LCD_IMR	只读	0x0
0x854	LCD 中断状态寄存器	LCD_ICR	只读	0x0
0x858	LCD 中断清除寄存器	LCD_ICR	只写	0x0
0xC00	调色板入口 0	LUT ENTRY 0	R/W	
0xC04	调色板入口 1	LUT ENTRY 1	R/W	
0xC08	调色板入口 2	LUT ENTRY 2	R/W	
0xC0C	调色板入口 3	LUT ENTRY 3	R/W	
...				
0xFFC	调色板入口 256	LUT ENTRY 256	R/W	

### 37.10.1 DMA 基地址寄存器 1

名称: DMABADDR1

访问: 读写

复位值: 0x00000000

31	30	29	28	27	26	25	24
BADDR-U							
23	22	21	20	19	18	17	16
BADDR-U							
15	14	13	12	11	10	9	8
BADDR-U							
7	6	5	4	3	2	1	0
BADDR-U							

● BADDR-U

双扫描模式中上部画面的基地址。单扫描模式中整帧的基地址、

### 37.10.2 DMA 基地址寄存器 2

名称: DMABADDR2

访问: 读写

复位值: 0x00000000

31	30	29	28	27	26	25	24
BADDR-L							
23	22	21	20	19	18	17	16
BADDR-L							
15	14	13	12	11	10	9	8
BADDR-L							
7	6	5	4	3	2	1	0
BADDR-L							

● BADDR-L

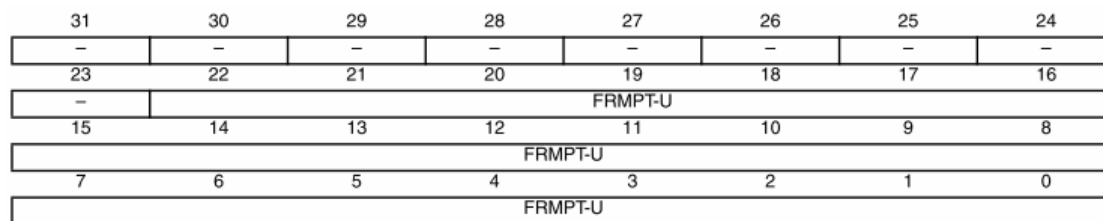
仅双扫描模式中下部画面的基地址

### 37.10.3 DMA 帧指针寄存器 1

名称: DMAFRMPT1

访问: 只读

复位值: 0x00000000



● **FRMPT-U**

双扫描模式中上部画面的帧指针当前值。单扫描模式中整帧帧指针当前值。从 FRMSIZE 到 0 向下计数。

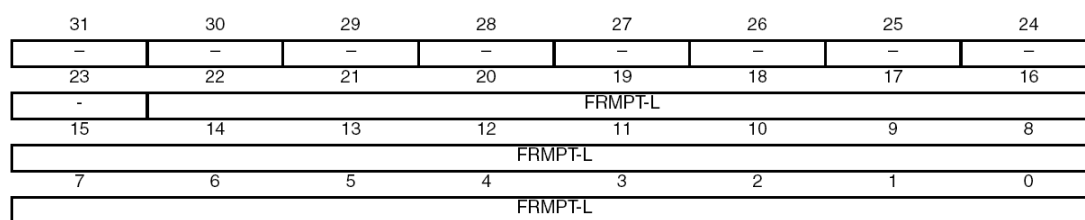
注意: 该寄存器为只读。包括帧指针的当前值 (到帧结束的字长)。可被用作从当前帧存储器传输字长的估算。

### 37.10.4 DMA 帧指针寄存器 2

名称: DMAFRMPT2

访问: 只读

复位值: 0x00000000



● **FRMPT-L**

双扫描模式中下部画面的帧指针当前值。单扫描模式中整帧帧指针当前值。从 FRMSIZE 到 0 向下计数。

注意: 该寄存器为只读。包括帧指针的当前值 (到帧结束的字长)。可被用作从当前帧存储器传输字长的估算。

### 37.10.5 DMA 帧地址寄存器 1

名称: DMAFRMADD1

访问: 只读

复位值: 0x00000000

31	30	29	28	27	26	25	24
FRMADD-U							
23	22	21	20	19	18	17	16
FRMADD-U							
15	14	13	12	11	10	9	8
FRMADD-U							
7	6	5	4	3	2	1	0
FRMADD-U							

● FRMADD-U

双扫描模式下上部画面帧地址的当前值。单扫描模式中整帧地址的当前值。

注意: 该寄存器为只读, 包括画面、帧总线上最后的 DMA 处理的当前值。

### 37.10.6 DMA 帧地址寄存器 2

名称: DMAFRMADD2

访问: 只读

复位值: 0x00000000

31	30	29	28	27	26	25	24
FRMADD-L							
23	22	21	20	19	18	17	16
FRMADD-L							
15	14	13	12	11	10	9	8
FRMADD-L							
7	6	5	4	3	2	1	0
FRMADD-L							

● FRMADD-L

仅单扫描模式下下部画面帧地址的当前值

注意: 该寄存器为只读, 高阔画面总线中最后的 DMA 处理的当前值。

### 37.10.7 DMA 帧配置寄存器

名称: DMAFRMCFG

访问: 读写

复位值: 0x00000000

31	30	29	28	27	26	25	24
-				BRSTLN			
23	22	21	20	19	18	17	16
-				FRMSIZE			
15	14	13	12	11	10	9	8
FRMSIZE							
7	6	5	4	3	2	1	0
FRMSIZE							

- FRMSIZE: 帧长度

单扫描模式中，是字帧长度。双扫描模式中，是每个画面的大小

- BRSTLN: 脉冲串长度

用需要的 burst length - 1 编程

### 37.10.8 DMA 控制寄存器

名称: DMACON

访问: 读写

复位值: 0x00000000

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	DMABUSY	DMARST	DMAEN

- **DMAEN: DMA 使能**  
 0: DMA 禁用  
 1: DMA 使能
- **DMARST: DMA 复位 (只写)**  
 0: 无效  
 1: 复位 DMA 模块。仅当在禁用和空闲状态时复位 DMA 模块
- **DMABUSY: DMA 忙**  
 0: DMA 模块空闲  
 1: DMA 模块忙 (正在 AHB 总线上做处理)

### 37.10.9 LCD 控制寄存器 1

名称: LCDCON1

访问: 读写, 除了 LINECNT: 只读

复位值: 0x00002000

31	30	29	28	27	26	25	24
LINECNT							
23	22	21	20	19	18	17	16
LINECNT				CLKVAL			
15	14	13	12	11	10	9	8
CLKVAL				-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	-	-	BYPASS

● **BYPASS:** 旁路 LCDDOTCK 分频器

0: 分频器未被旁路。LCDDOTCK 频率由 CLKVAL 域定义。

1: LCDDOTCK 分频器被旁路。LCDDOTCK 频率等于 LCDC 时钟频率

● **CLKVAL:** 时钟分频器

像素时钟 (LCDDOTCK) 频率的 9 位分频器。

$$\text{Pixel\_clock} = \text{system\_clock} / (\text{CLKVAL} + 1) \times 2$$

● **LINECNT:** 行计数器 (只读)

11 位行计数器的当前值。从 LINEVAL 到 0 向下计数

### 37.10.10 LCD 控制寄存器 2

名称: LCDCON2

访问: 读写

复位值: 0x0000000

31	30	29	28	27	26	25	24
MEMOR		-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
CLKMOD	-	-	INVDVAL	INVCLK	INVLIN	INVFRAME	INVVD
7	6	5	4	3	2	1	0
PIXELSIZE			IFWIDTH		SCANMOD		DISTYPE

- **DISTYPE:** 显示类型

表 37.11

DISTYPE		
0	0	STN 单色
0	1	STN 彩色
1	0	TFT
1	1	保留

- **SCANMOD:** 扫描模式

0: 单扫描

1: 双扫描

- **IFWIDTH:** 接口宽度 (STN)

表 37.12

IFWIDTH		
0	0	4 位 (仅在 STN 单色或彩色单扫描模式中有效)
0	1	8 位 (仅在 STN 单色或彩色中有效)
1	0	16 位 (仅在 STN 单色或彩色双扫描模式中有效)
1	1	保留

- **PIXELSIZE:** 每像素的位

表 37.13

PIXELSIZE			
0	0	0	每像素 1 位
0	0	1	每像素 2 位
0	1	0	每像素 4 位
0	1	1	每像素 8 位
1	0	0	每像素 16 位

1	0	1	每像素 24 位（仅 TFT 模式有效）
1	1	0	保留
1	1	1	保留

- INVVD: LCDD 极性
  - 0: 普通
  - 1: 反向
- INVFRAME: LCDVSYNC 极性
  - 0: 普通（高电平有效）
  - 1: 反向（低电平有效）
- INVLIN: LCDHSYNC 极性
  - 0: 普通（高电平有效）
  - 1: 反向（低电平有效）
- INVCLK: LCDDOTCK 极性
  - 0: 普通（在 LCDDOTCK 下降边沿获取 LCDD）
  - 1: 反向（在 LCDDOTCK 上升边沿获取 LCDD）
- INVVAL: LCDDEN 极性
  - 0: 普通（高电平有效）
  - 1: 反向（低电平有效）
- CLKMOD: LCDDOTCK 模式
  - 0: LCDDOTCK 仅在有效显示周期有效
  - 1: LCDDOTCK 总是有效
- MEMOR: 存储器顺序格式
  - 00: 大尾
  - 10: 小尾

### 37.10.11 LCD 时序配置寄存器 1

名称: LCDTIM1

访问: 读写

复位值: 0x00000000

31	30	29	28	27	26	25	24
-				VHDLY			
23	22	21	20	19	18	17	16
-				VPW			
15	14	13	12	11	10	9	8
-				VBP			
7	6	5	4	3	2	1	0
VFP							

- VFP: 垂直前边沿

TFT 模式, 这些位等于帧结尾的空闲行数。

STN 模式, 这些位应设置为 0

- VBP: 垂直后边沿

TFT 模式, 这些位等于帧起始的空闲行数

STN 模式, 这些位应设置为 0

- VPW: 垂直同步脉冲宽度

TFT 模式, 这些位等于行数中给出的垂直同步脉冲宽度, LCDVSYNC 宽度等于(VPW+1) 行

STN 模式, 这些位应置 0

- VHDLY: 垂直到水平的延迟

TFT 模式, 是 LCDHSYNC 上升边沿和 LCDVSYNC 上升或下降边沿之间的延迟。延迟为

(VHDLY+1) LCDDOTCK 周期

STN 模式这些位应置 0

### 37.10.12 LCD 时序配置寄存器 2

名称: LCDTIM2

访问: 读写

复位值: 0x00000000

31	30	29	28	27	26	25	24
HFP							
23	22	21	20	19	18	17	16
HFP				-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-				HPW			
7	6	5	4	3	2	1	0
HBP							

- HBP: 水平后边沿

行起始的空闲 LCDDOTCK 周期数。空闲周期为(HBP+1) LCDDOTCK 周期

- HPW: 水平同步脉冲宽度

LCDDOTCK 周期中给出的 LCDHSYNC 脉冲宽度。宽度为 HPW+1) LCDDOTCK 周期

- HFP: 水平前边沿

行结尾的空闲 LCDDOTCK 周期数。空闲周期为(HFP+1) LCDDOTCK 周期

### 37.10.13 LCD 帧配置寄存器

名称: LCDFRMCFG

访问: 读写

复位值: 0x0000000

31	30	29	28	27	26	25	24
HOZVAL							
23	22	21	20	19	18	17	16
HOZVAL				-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	LINEVAL		
7	6	5	4	3	2	1	0
LINEVAL							

- LINEVAL: LCD 模组的垂直尺寸

LINEVAL= (垂直显示尺寸) -1

双扫描模式，垂直显示尺寸参考每画面的尺寸

- HOZVAL: LCD 模组的水平尺寸

STN 模式:

- HOZVAL=(水平显示尺寸/有效 LCDD 数据行数)-1
- STN 单色模式，水平显示尺寸=水平像素数
- STN 彩色模式，水平显示尺寸=3 倍的水平像素数
- 4 位单扫描或 8 位双扫描 STN 显示模式，有效 LCDD 数据行数=4
- 8 位单扫描或 16 位双扫描 STN 显示模式，有效 LCDD 数据行数=8
- 如果用以上公式为 HOZVAL 计算的值不是整数，必须把它调高为整数。

TFT 模式:

- HOZVAL=水平显示尺寸

### 37.10.14 LCD FIFO 寄存器

名称: LCDFIFO

访问: 读写

复位值: 0x0000000

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
FIFOTH							
7	6	5	4	3	2	1	0
FIFOTH							

- FIFOTH: FIFO 阈值

必须用下面的公式编程

FIFOTH = 512 words - (2 x DMA\_BURST\_LENGTH + 3)

其中:

- 512 字是 FIFO 的有效长度。是单扫描模式中整个 FIFO 存储器的长度，双扫描模式一半 FIFO 存储器的长度。
- DMA\_burst\_length 是由 DMA 生成的传输的脉冲长度。参考“BRSTLN: Burst Length”

### 37.10.15 抖动图形 DP1\_2 寄存器

名称: DP1\_2

访问: 读写

复位值: 0xA5

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
DP1_2							

- DP1\_2: 二分之一占空比的图形值

### 37.10.16 抖动图形 DP4\_7 寄存器

名称: DP4\_7

访问: 读写

复位值 0x5AF0FA5

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	DP4_7			
23	22	21	20	19	18	17	16
DP4_7							
15	14	13	12	11	10	9	8
DP4_7							
7	6	5	4	3	2	1	0
DP4_7							

- DP4\_7: 七分之四占空比的图形值

### 37.10.17 抖动图形 DP3\_5 寄存器

名称: DP3\_5

访问: 读写

复位值: 0xA5A5F

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
DP3_5							
15	14	13	12	11	10	9	8
DP3_5							
7	6	5	4	3	2	1	0
DP3_5							

- DP3\_5: 五分之三占空比的图形值

### 37.10.18 抖动图形 DP2\_3 寄存器

名称: DP2\_3

访问: 读写

复位值:

0xA5F

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	DP2_3			
7	6	5	4	3	2	1	0
DP2_3							

- DP2\_3: 占空比三分之二的图形值

### 37.10.19 抖动图形 DP5\_7 寄存器

名称: DP5\_7

访问: 读写

复位值: 0xFAF5FA5

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	DP5_7			
23	22	21	20	19	18	17	16
DP5_7							
15	14	13	12	11	10	9	8
DP5_7							
7	6	5	4	3	2	1	0
DP5_7							

- DP5\_7: 占空比七分之五的图形值

### 37.10.20 抖动图形 DP3\_4 寄存器

名称: DP3\_4

访问: 读写

复位值: 0xFAF5

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
DP3_4							
7	6	5	4	3	2	1	0
DP3_4							

- DP3\_4: 占空比四分之三的图形值

### 37.10.21 抖动图形 DP4\_5 寄存器

名称: DP4\_5

访问: 读写

复位值: 0xFAF5F

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	DP4_5			
15	14	13	12	11	10	9	8
DP4_5							
7	6	5	4	3	2	1	0
DP4_5							

- DP4\_5: 占空比五分之四的图形值

### 37.10.22 抖动图形 DP6\_7 寄存器

名称：DP6\_7

访问：读写

复位值：0xF5FFAFF

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	DP6_7			
23	22	21	20	19	18	17	16
DP6_7							
15	14	13	12	11	10	9	8
DP6_7							
7	6	5	4	3	2	1	0
DP6_7							

- DP6\_7：占空比七分之六的图形值

### 37.10.23 电源控制寄存器

名称: PWRCON

访问: 读写

复位值: 0x0000000e

31	30	29	28	27	26	25	24
LCD_BUSY	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
GUARD_TIME							LCD_PWR

- LCD\_PWR: LCD 模组电源控制

0=lcd\_pwr 引脚低, 其他 LCD\_\* 引脚低电平

0->1 = lcd\_\*引脚有效状态, 用 GUARD\_TIME 帧周期的延迟设置 lcd\_pwr 为高

1 = lcd\_pwr 引脚高, 其他 lcd\_\* 引脚有效

1->0 = lcd\_pwr 引脚低, 其他 lcd\_\* 引脚有效, 但是在 GUARD\_TIME 帧周期后置低

- GUARD\_TIME

到 LCD 模组的应用控制信号和设置 LCD\_PWR 高之间, 设置 LCD\_PWR 低和从 LCD 模组中移除控制信号之间的帧周期中的延迟

- LCD\_BUSY

只读域。如果是 1, 表示 LCD 忙 (有效并显示闪烁, 顺序供电或顺序断电)

### 37.10.24 对比度控制寄存器

名称: CONTRAST\_CTR

访问: 读写

复位值: 0x00000000

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	ENA	POL	PS	

- PS

此 2 位值选择计数器预标定器的配置。每个组合的含义如下:

表 37.14

PS		
0	0	fCOUNTER = fLCDC_CLOCK 速率时计数器预标定
0	1	fCOUNTER = fLCDC_CLOCK/2 速率时计数器预标定
1	0	fCOUNTER = fLCDC_CLOCK/4 速率时计数器预标定
1	1	fCOUNTER = fLCDC_CLOCK/8 速率时计数器预标定

- POL

该位定义输出极性。如果是 1，输出脉冲为高电平（无论何时计数器中的值小于比较寄存器 CONTRAST\_VAL 中的值，输出都是高）。如果是 0，输出脉冲为低电平

- ENA

当是 1 的时候，该位使能 PWM 发生器的工作。为 0 时，PWM 计数器停止

### 37.10.25 对比度值寄存器

名称: CONSTRAST\_VAL

访问: 读写

复位值: 0x00000000

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
CVAL							

- CVAL

PWM 比较值。用于调整外部过滤器控制显示对比度后获得的模拟值。

### 37.10.26 LCD 中断使能寄存器

名称: LCD\_IER

访问: 只写

复位值: 0x0

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
-	MERIE	OWRIE	UFLWIE	-	EOFIE	LSTLNIE	LNIE

- **LNIE:** 行中断使能
  - 0: 无效
  - 1: 使能每个行中断
- **LSTLNIE:** 最后一行中断使能
  - 0 无效
  - 1: 使能最后一行的中断
- **EOFIE:** 帧结束 DMA 中断使能
  - 0: 无效
  - 1: 使能帧结束中断
- **UFLWIE:** FIFO 下溢中断使能
  - 0: 无效
  - 1: 使能 FIFO 下溢中断
- **OWRIE::** FIFO 覆盖中断使能
  - 0: 无效
  - 1: 使能 FIFO 覆盖中断
- **MERIE::** DMA 存储器错误中断使能
  - 0: 无效
  - 1: 使能 DMA 存储器错误中断

### 37.10.27 LCD 中断禁用寄存器

名称: LCD\_IDR

访问: 只写

复位值: 0x0

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
-	MERID	OWRID	UFLWID	-	EOFID	LSTLNID	LNID

- **LNID: 行中断禁用**
  - 0: 无效
  - 1: 禁用每个行中断
- **LSTLNID: 最后一行中断禁用**
  - 0: 无效
  - 1: 禁用最后一行中断
- **EOFID: 帧结束 DMA 中断禁用**
  - 0: 无效
  - 1: 禁用帧结束中断
- **UFLWID: FIFO 下溢中断禁用**
  - 0: 无效
  - 1: 禁用 FIFO 下溢中断
- **OWRID: FIFO 覆盖中断禁用**
  - 0: 无效
  - 1: 禁用 FIFO 覆盖中断
- **MERID: DMA 存储器错误中断禁用**
  - 0: 无效
  - 1: 禁用 DMA 存储器错误中断

### 37.10.28 LCD 中断屏蔽寄存器

名称: LCD\_IMR

访问: 只读

复位值 0x0

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
-	MERIM	OWRIM	UFLWIM	-	EOFIM	LSTLNIM	LNIM

- **LNIM: 行中断屏蔽**
  - 0: 行中断禁用
  - 1: 行中断使能
- **LSTLNIM: 最后一行的中断屏蔽**
  - 0: 最后一行的中断禁用
  - 1: 最后一行的中断使能
- **EOFIM: 帧结束 DMA 中断屏蔽**
  - 0: 帧结束中断禁用
  - 1: 帧结束中断使能
- **UFLWIM: FIFO 下溢中断屏蔽**
  - 0: FIFO 下溢中断禁用
  - 1: FIFO 下溢中断使能
- **OWRIM: FIFO 覆盖中断屏蔽**
  - 0: FIFO 覆盖中断禁用
  - 1: FIFO 覆盖中断使能
- **MERIM: DMA 存储器错误中断屏蔽**
  - 0: DMA 存储器错误中断禁用
  - 1: DMA 存储器错误中断使能

### 37.10.29 LCD 中断状态寄存器

名称: LCD\_ISR

访问: 只读

复位值 0x0

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
-	MERIS	OWRIS	UFLWIS	-	EOFIS	LSTLNIS	LNIS

- **LNIS: 行中断状**
  - 0: 行中断无效
  - 1: 行中断有效
- **LSTLNIS: 最后一行的中断状态**
  - 0: 最后一行的中断无效
  - 1: 最后一行的中断有效
- **EOFIS: 帧结束 DMA 中断状态**
  - 0: 帧结束 DMA 中断无效
  - 1: 帧结束 DMA 中断有效
- **UFLWIS: FIFO 下溢中断状态**
  - 0: FIFO 下溢中断无效
  - 1: FIFO 下溢中断有效
- **OWRIS: FIFO 覆盖中断状态**
  - 0: FIFO 覆盖中断无效
  - 1: FIFO 覆盖中断有效
- **MERIS: DMA 存储器错误中断状态**
  - 0: DMA 存储器错误中断无效
  - 1: DMA 存储器错误中断有效

### 37.10.30 LCD 中断清零寄存器

名称: LCD\_ICR

访问: 只写

复位值 0x0

31	30	29	28	27	26	25	24
-	-	-	-	-	-	-	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	13	12	11	10	9	8
-	-	-	-	-	-	-	-
7	6	5	4	3	2	1	0
-	MERIC	OWRIC	UFLWIC	-	EOFIC	LSTLNIC	LNIC

- LNIC: 行中断清零
  - 0: 无效
  - 1: 清零每个行中断
- LSTLNIC: 最后一行的中断清零
  - 0: 无效
  - 1: 清零最后一行的中断
- EOFIC: 帧结束 DMA 中断清零
  - 0: 无效
  - 1: 清零帧选举是中断
- UFLWIC: FIFO 下溢中断清零
  - 0: 无效
  - 1: 清零 FIFO 下溢中断
- OWRIC: FIFO 覆盖中断清零
  - 0: 无效
  - 1: 清零 FIFO 覆盖中断
- MERIC: DMA 存储器错误中断清零
  - 0: 无效
  - 1: 清零 DMA 存储器错误中断



**Educate Different** 

Powered by Team Mcuzone

QQ:8204136

Website: [www.mcuzone.com](http://www.mcuzone.com)

2009

