

## MBI5152 Programming Guide

(此文件仅供控制器开发使用，请勿外流)

### 控制指令

表 1. 控制指令如下：

指令名称	讯号组合		叙述
	LE	Number of DCLK LE 包含多少个 DCLK 上升缘	指令动作
停止错误侦测	High	1	停止 LED 开路强制侦测
数据栓锁	High	1	将序列数据传入缓冲存储器
Vsync	High	2	垂直同步信号。垂直同步则会命令芯片 置换新的帧数据
写入状态缓存器 1*	High	4	将序列数据传入状态缓存器 1
读取状态缓存器 1	High	5	将状态缓存器 1 的数据传入位移缓存器
执行错误侦测 (开路)	High	7	执行 LED 开路强制侦测
写入状态缓存器 2*	High	8	将序列数据传入状态缓存器 2
读取状态缓存器 2	High	9	将状态缓存器 2 的数据传入位移缓存器
软件重置	High	10	热启动，软复位
前置设定(Pre-Active)	High	14	前置设定指令必须在“写入状态缓存器”指令之前传送

**状态缓存器 1 及 2**

表 2. 状态缓存器 1 内容

MSB														LSB	
F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

e.g. 默认值

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	6'b101011					

位	属性	定义	值	功能说明
F	读/写	下鬼隐消除	0 (默认)	0: 关闭
			1	1: 开启
E	读/写	PWM 计数模式	0(默认)	0: 正数
			1	1: 倒数
D~C	保留	保留	保留	保留
B~8	读/写	扫描行数	0000 0001 0010 0011 (默认) ~ 1111	0000: 1 行扫描; 1000: 9 行扫描 0001: 2 行扫描; 1001: 10 行扫描 0010: 3 行扫描; 1010: 11 行扫描 0011: 4 行扫描; 1011: 12 行扫描 0100: 5 行扫描; 1100: 13 行扫描 0101: 6 行扫描; 1101: 14 行扫描 0110: 7 行扫描; 1110: 15 行扫描 0111: 8 行扫描; 1111: 16 行扫描
7	读/写	灰阶模式选择	0 (默认)	16 位灰阶模式。65,536 GCLKs 的 16 位 PWM 工作周期可被分割为 64 个较小的 PWM 工作周期，每一周期有 1,024 GCLKs
			1	14 位灰阶模式。16,384 GCLKs 的 14 位 PWM 工作周期可被分割为 32 个较小的 PWM 工作周期，每一周期有 512 GCLKs 使用者应传递 16 位数据，该数据在最不重要位(LSB)须有 2 位 0
6	读/写	GCLK 倍频	0 (默认)	GCLK multiplier disable
			1	GCLK multiplier enable
5~0	读/写	Current gain adjustment	000000~111111	6'b101011 (默认) 64阶微调的电流增益功能 (增益范围: 12.5%~200%)，可适当调整输出电流。

表 3. 状态缓存器 2 内容

MSB														LSB	
F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

e.g. Default Value

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

位	属性	定义	值	功能说明
F~A	保留	保留	保留	保留
9~8	读/写	LED 开路侦测位准	00(默认) ~11	00: 0.3V 01: 0.4V 10: 0.5V 11: 0.6V
7~4	保留	保留	保留	保留
3~1	读/写	解决第一行扫偏暗	000(默认) ~111	000: 0 ns, 100: 18ns 001: 6 ns, 101: 21ns 010: 9 ns, 110: 27ns 011: 15 ns, 111: 33ns
0	读/写	倒数模式高电平不延伸	0(默认)	倒数模式高电平延伸
			1	倒数模式高电平不延伸

### 状态缓存器设定建议值

为了消除下鬼影及稳定 VLED 电源，其状态缓存器建议设定如下。

表 4. 状态缓存器 1 建议值

使用红色 LED 作负载的 IC 建议值：

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1

使用绿/蓝 LED 作负载的 IC 建议值：

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1

其中，第 B 位~第 0 位可依显示屏规格调整。

表 5. 状态缓存器 2 建议值

使用红色 LED 作负载的 IC

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

使用绿色 LED 作负载的 IC

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1

使用蓝色 LED 作负载的 IC

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

## 初始化顺序

在初始化阶段，倘若缓存器之默认值不是使用者所设定，就要执行写入状态缓存器指令，接着用户传送“16 x 扫描行数”数量的“数据控锁”指令以传送灰阶数据，然后传送“Vsync”指令以启动显示屏。

在使用者传送完毕最后一次“数据控锁”指令之后，必须再等至少 50 GCLKs，始能再下达“Vsync”指令。然而，GCLK 务必在“Vsync”指令设定之前停止，有关时间设定限制的说明将在后续单元中详述。

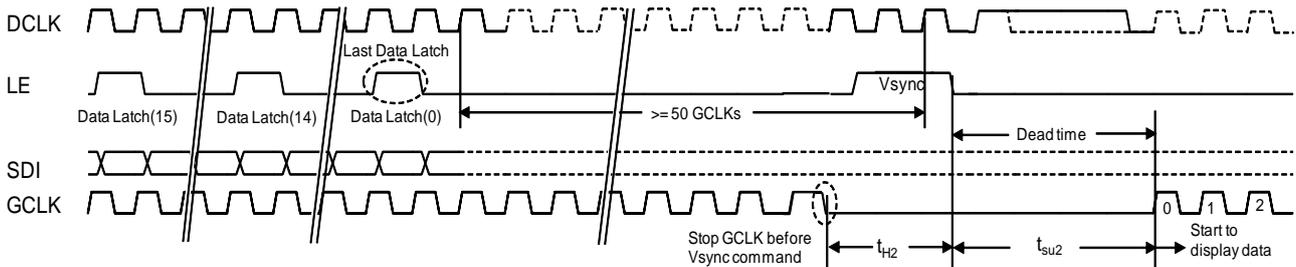


图 1. “数据控锁”与“Vsync”指令说明

## 垂直同步指令操作原则

垂直同步指令作用在于更新帧数据。以下波形图即说明更新帧数据的“Vsync”指令。

## 更新帧数据的 Vsync 指令

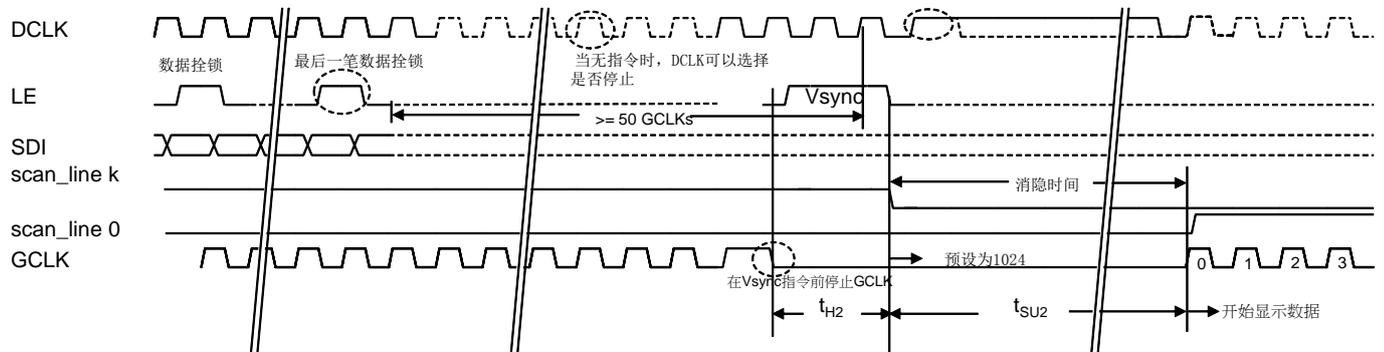


图 2. 更新帧数据的“Vsync”指令说明

### 限制条件说明:

1. 在最后一笔“数据控锁”指令之后，灰阶数据需要一段时间以预先读取来自 SRAM 的数据至内建的缓冲器中，因此在“Vsync”指令之前至少需要等 50 GCLKs。

说明：如欲了解更多 SRAM 内存结构说明，请参考内存结构单元。

2. 建议控制器使用时保留一个 GCLK 计数器(0~1024)，该 GCLK 计数器将在“Vsync”指令的 LE 下降缘时预设为 1024，并且在下一笔 GCLK 时重新设定为 0。

3. LE 与 GCLK 之间有时间设定限制，也就是 GCLK 应在“Vsync”指令之前停止。另外 GCLK 与 LE 必须符合设定与保留时间，分别如 3.1 与 3.2 所示：

3.1 设定时间为 LE 下降缘与 GCLK 上升缘之间  $t_{SU2}$

3.2 保留时间为 GCLK 下降缘与 LE 下降缘之间  $t_{H2}$

4. 消隐时间(dead time)亦指扫描行数间的间隔时间，并藉由停止 GCLK 来控制。因为“Vsync”指令设定后，帧数据会更新，使用者必须将扫描行数由目前的第 K 行扫描切换回第 0 行扫描，以重新开启新的帧数据显示。
5. 当无指令时，DCLK 可以选择是否停止。
6. 在消隐时间时，可选择停止 DCLK，或不要下达“数据锁”指令。
7. 在“Vsync”指令时，新数据将会储存于内建的显示缓冲器中，且在消隐时间完成后显示该数据。

### 在帧数据显示期间切换扫描行数

在扫描行数的切换控制中，使用者应采用 MBI5152 GCLK 之计数模式，且在 MBI5152 GCLK 计数至 1024 时切换扫描行数。若要了解更多扫描屏应用方式，可以参考“灰阶模式与扫描式 S-PWM”单元之叙述。消隐时间是由控制器以暂停 GCLK 所控制。当 GCLK 计数值为 1025 时，MBI5152 在消隐时间将会关闭所有输出通道。

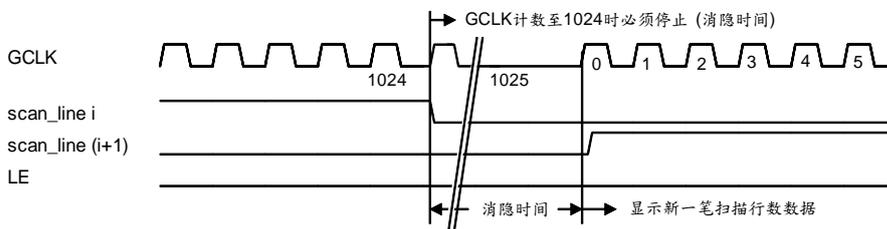


图 3. 扫描行数切换，消隐时间之控制方式

控制方式如下所述：

1. 透过“写入状态缓存器”指令设定状态缓存器。
2. 传送“16 x 扫描行数”数量的“数据锁”指令以传送灰阶数据。
3. 帧频(frame rate)是指每秒钟放映或显示的帧或图像的数量。在使用者传送完毕最后一次“数据锁”指令之后，必须再等至少 50 GCLKs，始能再下达“Vsync”指令。若非第一笔数据，使用者应根据帧频传送“Vsync”指令。如果帧频为 60，使用者应等待 1/60 秒的时间。当用户传送“Vsync”指令时，必需遵守相关的时间限制条件。
4. 当传送“Vsync”指令时，扫描行数必须从 1 开始计算，GCLK 之计数需要预设为 1025 并藉由停止 GCLK 以控制消隐时间。
5. 在放映或显示的帧或图像时，使用者必须维持一个 GCLK 计数(1~1025)，并且在 GCLK 计数至 1024 时，切换扫描行数以及进入消隐时间(由停止 GCLK 控制)。
6. 在消隐时间期间(包括传送“Vsync”指令或当 GCLK 之计数为 1025)，不可传送“数据锁”指令。
7. 下一笔帧影像的灰阶数据必须在“Vsync”指令之后传送。
8. 强烈建议定期执行“写入控制状态缓存器 1”与“写入控制状态缓存器 2”指令以避免系统的噪声干扰。

## 强化低灰阶效果

为了强化低灰阶效果，使显示屏均匀性佳，建议控制器设定如下：

- 使用红色 LED 作负载的 IC  
-cfg1[E] = 0, cfg2[0] = 1
- 使用绿色 LED 作负载的 IC  
-cfg1[E] = 1, cfg2[0] = 1,  $\delta$  = 0~100ns, 间隔: 10ns
- 使用蓝色 LED 作负载的 IC  
-cfg1[E] = 1, cfg2[0] = 0, dh (延迟时间高位准) = 20~200ns, 间隔: 10 ns 或 20ns

RW: 1 GCLK 宽

GW: 1 GCLK +  $\delta$  宽

BW: 1 GCLK +  $\delta$  + dh 宽

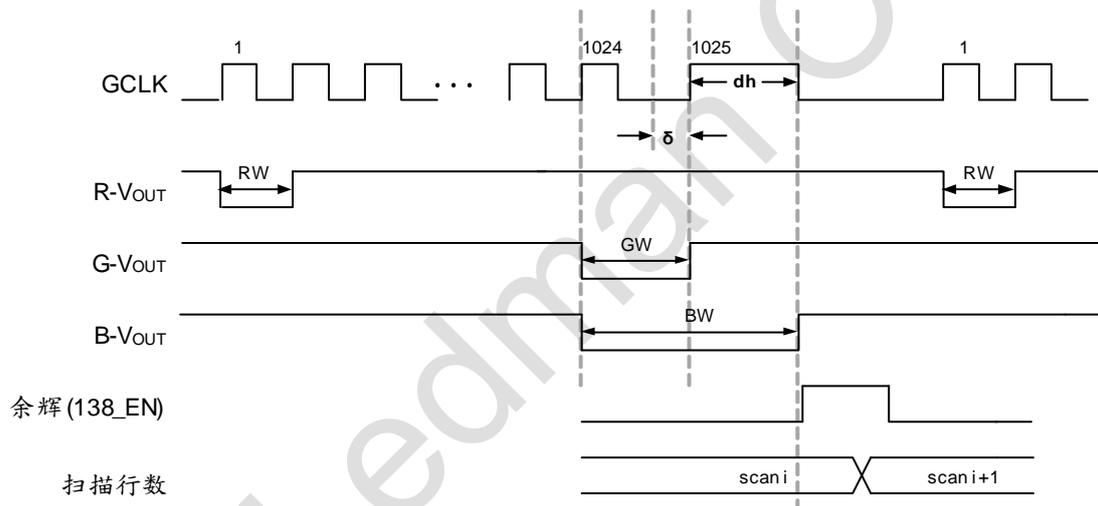


图 4. 控制器补偿方式

通常为了达到白平衡，所以 R、G、B LED 电流设定不同且因 R、G、B LED 寄生电容大小不一样，导致低灰时，R、G、B LED 受到寄生电容影响程度不同，容易有低灰白光偏色问题与起灰太慢现象，因此分别调整 R、G、B LED 电流补偿时间，才能解决低灰偏色问题，同时让起灰亮度增加。如图 4 所示，利用调整第 1024、1025 个 GCLK 宽度，来达到分开调整 G、B LED 电流补偿时间的目的，其中 GCLK 时序调整说明如下：

1.  $\delta$ : 第 1024 个 GCLK 低电平增加的宽度。使用倒数模式，当灰阶=1 时，输出电流开启宽度变成 1 GCLK+ $\delta$ 。
2. dh: 第 1025 个 GCLK 高电平增加的宽度。使用倒数模式再加上倒数模式高电平延伸，当灰阶=1 时，总共输出电流开启宽度为 1 GCLK +  $\delta$  + dh。

正常设定下，红光 IC 采用正数模式，绿光 IC 使用倒数模式，蓝光 IC 因设定电流最小，受到寄生电容影响最大，需要的补偿量也最大，故使用倒数模式再加上倒数模式高电平延伸增加电流补偿量。

## 视觉更新率

在 16 位 S-PWM 模式，视觉更新率将会提升至 64 倍，如果灰阶数据值  $\geq 64$ 。

在 14 位 S-PWM 模式，视觉更新率将会提升至 32 倍，如果灰阶数据值  $\geq 32$ 。

视觉更新率计算方式如下：

**GCLK 倍频关闭**

在 16 位 S-PWM 模式，视觉更新率 = GCLK 频率 / [(1024 GCLK + 消隐时间) x 扫描行数]

在 14 位 S-PWM 模式，视觉更新率 = GCLK 频率 / [(512 GCLK + 消隐时间) x 扫描行数]

例如，以 16 位扫描式 S-PWM 搭配 16 行扫、GCLK 频率为 10MHz。消隐时间为 10 GCLK。

视觉更新率可计算如下：

视觉更新率 = 10MHz / [(1024+10) x 16] = 604Hz.

**GCLK 倍频开启**

在 16 位 S-PWM 模式，视觉更新率 = GCLK 频率 / [(512 GCLK + 消隐时间) x 扫描行数]

在 14 位 S-PWM 模式，视觉更新率 = GCLK 频率 / [(256 GCLK + 消隐时间) x 扫描行数]

## 强制开路错误侦测

MBI5152 之强制开路错误侦测的原理是基于实际输出端的耐受电压 ( $V_{DS}$ ) 与目标值 ( $V_{DS,TH}$ ) 的比较，来判定每个输出端的 LED 负载状态。可透过状态缓存器 2 的位[9:8]设定侦测电压，0.3V;0.4V;0.5V;0.6V。当“执行错误侦测”的指令下达后，MBI5152 输出端将会被强制关闭，接着以极小的电流开启，进行错误侦测当接收端收到“停止错误侦测”指令后，驱动器将会将错误组态数据搬移到“位移寄存器”，透过 SDO 脚位输出每个位。完整的错误侦测区间建议大于 700ns。

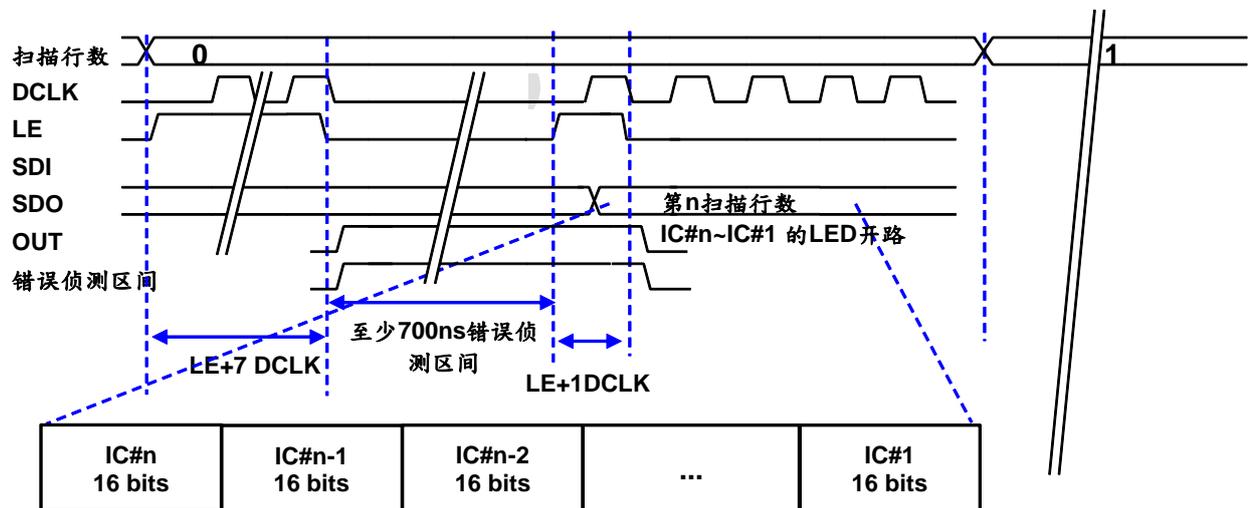


图 5. 强制开路错误侦测时序图