

LP5813 具有自主控制功能的同步升压 4 × 3 矩阵 RGB LED 驱动器

1 特性

- 工作电压范围：
 - 输入电压 (V_{IN}) 范围：0.5V 至 5.5V
 - 启动时的最小输入电压为 1.8V
 - 逻辑引脚兼容 1.8V、3.3V 和 5V 电压
- 高效同步升压转换器
 - 输出电压 (V_{OUT}) 范围：3V 至 5.5V
 - 140mΩ (HS)/60mΩ (LS) MOSFET
 - 1.6A 谷值开关电流限制
 - V_{IN} 为 4.2V、 V_{OUT} 为 5.0V 且 I_{OUT} 为 300mA 时效率为 95%
 - $V_{IN} > V_{OUT}$ 设置时进入直通模式
 - 在关断期间真正断开输入域输出之间的连接
- 时间交叉多路复用 (TCM) 拓扑：
 - 驱动多达 12 个 LED 或 4 个 RGB LED
 - 多路复用比率为 1/4、1/3、1/2、1
 - 支持直接、TCM 和混合驱动模式
- 4 个高精度恒定电流阱：
 - 灌电流为 0.1mA 至 51mA
 - 器件间误差：最大 ±5%
 - 通道间误差：最大 ±5%
 - 超低余量电压：25.5mA 时为 110mV (典型值)；51mA 时为 210mV (典型值)
 - 可为每个 LED 配置 PWM 相移
- 超低功耗：
 - 关断：当 EN 为低电平时， I_{SD} 为 0.1 μA (典型值)
 - 待机：当 EN 为高电平且 CHIP_EN 为 0 (保留数据) 时， I_{STB} 为 26 μA (典型值)
 - 有效：当 LED 电流为 25.5mA 时， I_{NOR} 为 0.45mA (典型值)
- 模拟调光 (电流增益控制)
 - 全局 1 位最大电流 (MC)：25.5mA 或 51mA
 - 单独 8 位点电流 (DC) 设置
- PWM 调光频率高达 24kHz，无可闻噪声
 - 单独的 8 位 PWM 调光分辨率
 - 线性或指数调光曲线
- 自主动画引擎控制
- 针对各个 LED 点进行开路/短路检测
- 集成的重影消除功能
- 1MHz (最大值) I²C 接口
- 40°C 至 85°C 工作温度范围

- 便携式和可穿戴电子产品 - 耳塞和充电盒、电子烟、智能手表
- 游戏和家庭娱乐 - 智能扬声器、RGB 鼠标、VR 耳机和控制器
- 物联网 (IOT) - 电子标签、可视门铃
- 网络 - 路由器、接入点
- 工业 HMI - 电动汽车充电器、工厂自动化

3 说明

LP5813 是一款具有自主动画引擎控制功能的同步升压 4 × 3 矩阵 RGB LED 驱动器。该器件非常适合支持输入电压范围为 0.5V 至 5.5V 的电池供电应用，并且在点亮 LED 时具有 0.4mA (典型值) 的超低正常工作电流。

集成式同步升压转换器可保持出色的效率，并在宽工作电压范围内保持 LED 亮度稳定。可为不同的 LED 正向电压选择输出电压，范围为 3V 至 5.5V，阶跃为 0.1V。升压转换器不仅可为器件本身驱动的 LED 供电，还可为系统中的其他负载供电。如需绕过升压转换器， V_{OUT} 将用作 LED 驱动器块的电源输入。

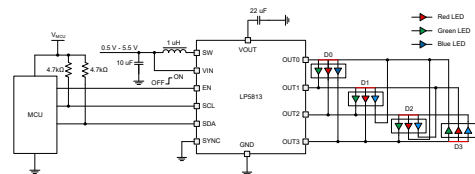
采用的时间交叉多路复用 (TCM) 结构使用 4 个输出引脚分别控制 12 个 LED 点。高侧扫描开关和低侧电流阱都包含在一个输出中。对于空间受限的系统，已尽可能减小解决方案总尺寸。

自主动画引擎可以显著减少控制器的实时负载。每个 LED 都可通过相关寄存器进行配置，从而实现生动绚丽的照明效果。该器件可生成 6MHz 时钟信号，并将其用于同步多个器件之间的照明效果。

封装信息

器件型号	封装	本体尺寸 (标称值)
LP5813	DSBGA (12)	1.84mm × 1.43mm
	WSON (12) ⁽¹⁾	3mm × 3mm

(1) 产品预发布



简化版原理图

2 应用

用于以下设备的 LED 动画和指示：



内容

1 特性	1	7.4 器件功能模式.....	26
2 应用	1	7.5 编程.....	28
3 说明	1	8 寄存器映射表	29
4 器件比较	3	9 应用和实施	47
5 引脚配置和功能	4	9.1 应用信息.....	47
6 规格	6	9.2 典型应用.....	47
6.1 绝对最大额定值.....	6	9.3 电源相关建议.....	56
6.2 ESD 等级.....	6	9.4 布局.....	56
6.3 建议运行条件.....	6	10 器件和文档支持	58
6.4 热性能信息.....	6	10.1 文档支持.....	58
6.5 电气特性.....	7	10.2 接收文档更新通知.....	58
6.6 时序要求.....	9	10.3 支持资源.....	58
6.7 典型特性.....	10	10.4 商标.....	58
7 详细说明	13	10.5 静电放电警告.....	58
7.1 概述.....	13	10.6 术语表.....	58
7.2 功能方框图.....	13	11 修订历史记录	58
7.3 特性说明.....	14	12 机械、封装和可订购信息	60

4 器件比较

器件型号	LED 数量上限	功率级	封装	材料	I ² C 芯片地址		软件兼容
					位 4	位 3	
LP5813	12	升压	DSBGA-12	LP5813AYBHR	0	0	是
				LP5813BYBHR	0	1	
				LP5813CYBHR	1	0 Ω	
				LP5813DYBHR	1	1	
			WSON-12	LP5813ADRRR	0	0	
				LP5813BDRRR	0	1	
				LP5813CDRRR	1	0 Ω	
				LP5813DDRRR	1	1	
LP5812	12	线性	DSBGA-9	LP5812AYBHR	0	0	
				LP5812BYBHR	0	1	
				LP5812CYBHR	1	0 Ω	
				LP5812DYBHR	1	1	
			WSON-8	LP5812ADSDR	0	0	
				LP5812BDSDR	0	1	
				LP5812CDSDR	1	0 Ω	
				LP5812DDSDR	1	1	
LP5811	4	升压	DSBGA-12	LP5811AYBHR	0	0	
				LP5811BYBHR	0	1	
				LP5811CYBHR	1	0 Ω	
				LP5811DYBHR	1	1	
			WSON-12	LP5811ADRRR	0	0	
				LP5811BDRRR	0	1	
				LP5811CDRRR	1	0 Ω	
				LP5811DDRRR	1	1	
LP5810	4	线性	DSBGA-9	LP5810AYBHR	0	0	
				LP5810BYBHR	0	1	
				LP5810CYBHR	1	0 Ω	
				LP5810DYBHR	1	1	
			WSON-8	LP5810ADSDR	0	0	
				LP5810BDSDR	0	1	
				LP5810CDSDR	1	0 Ω	
				LP5810DDSDR	1	1	

5 引脚配置和功能

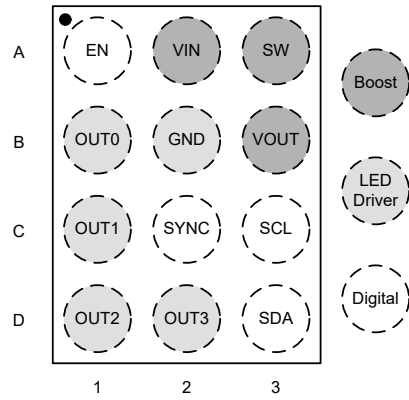


图 5-1. LP5813 YBH 封装 12 引脚 DSBGA 顶视图

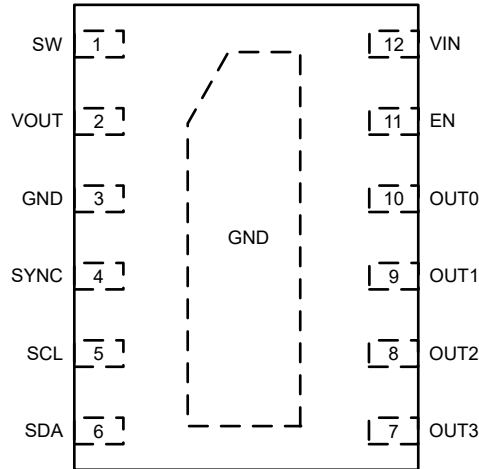


图 5-2. LP5813 DRR 封装 12 引脚 WSON 顶视图

表 5-1. 引脚功能

引脚			类型 ⁽¹⁾	说明
名称	YBH	DRR		
EN	A1	11	I	集成升压转换器的使能输出。
VIN	A2	12	P	器件的电源。建议在该引脚和 GND 之间连接一个 10 μ F 电容器并将其放置在尽可能靠近器件的位置。
SW	A3	1	P	集成升压转换器的开关引脚，连接到低侧功率 FET 的漏极和高侧整流器 FET 的源极。将电感器连接到该引脚
OUT0	B1	10	O	输出 0，其中包含电流阱 0 和高侧扫描 FET 0。该引脚在未使用时必须悬空。
GND	B2	3	G	地。必须连接到公共接地平面
VOUT	B3	2	P	升压转换器输出。建议在该引脚和 GND 之间连接一个 22 μ F 电容器并将其放置在尽可能靠近器件的位置。
OUT1	C1	9	O	输出 1，其中包含电流阱 1 和高侧扫描 FET 1。该引脚在未使用时必须悬空。
SYNC	C2	4	I/O	在多个器件之间实现同步。如果不使用该引脚，可将其接地以节省电力。
SCL	C3	5	I	I ² C 串行接口时钟输入。
OUT2	D1	8	O	输出 2，其中包含电流阱 2 和高侧扫描 FET 2。该引脚在未使用时必须悬空。
OUT3	D2	7	O	输出 3，其中包含电流阱 3 和高侧扫描 FET 3。该引脚在未使用时必须悬空。
SDA	D3	6	I/O	I ² C 串行接口数据输入/输出。

(1) P：电源引脚；I：输入引脚；I/O：输入/输出引脚；O：输出引脚。

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
端子上的电压范围	VIN、SW、VOUT	-0.3	6	V
	10 ns 时的 SW 尖峰	-0.7	8	V
	1 ns 时的 SW 尖峰	-0.7	9	V
	OUT0、OUT1、OUT2、OUT3	-0.3	6	V
	EN、SCL、SDA、SYNC	-0.3	6	V
T _J	结温	-40	150	°C
T _{stg}	贮存温度	-65	150	°C

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出“建议运行条件”但在“绝对最大额定值”范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。

6.2 ESD 等级

			值	单位
V _(ESD)	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准，所有引脚 ⁽¹⁾	±4000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准，所有引脚 ⁽²⁾	±1000	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
V _{IN}	输入电压范围	0.5		5.5	V
V _{OUT}	输出电压设置范围	3		5.5	V
L	有效电感范围	0.37	1	2.9	μH
C _{IN}	有效输入电容范围	1	4.7		μF
C _{OUT}	有效输出电容范围	4	10	1000	μF
OUT0、OUT1、OUT2、OUT3	OUT0、OUT1、OUT2、OUT3 引脚上的电压	0		5.5	V
EN、SCL、SDA、SYNC	EN、SCL、SDA、SYNC 引脚上的电压	0		5.5	V
T _A	环境温度	-40		85	°C
T _J	工作结温	-40		125	°C

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		LP5810/2		LP5811/3		单位
		YBH (DSBGA)	DSD (WSON)	YBH (DSBGA)	DRR (WSON)	
		9 引脚	8 引脚	12 引脚	12 引脚	
R _{θJA}	结至环境热阻	113.1	50.8	92.1	47.5	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳（顶部）热阻	0.6	51.1	0.4	45.1	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	33.9	22.9	25.9	20.9	°C/W

热指标 ⁽¹⁾		LP5810/2		LP5811/3		单位
		YBH (DSBGA)	DSD (WSON)	YBH (DSBGA)	DRR (WSON)	
		9 引脚	8 引脚	12 引脚	12 引脚	
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.2	1.1	0.2	0.7	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	33.8	22.8	25.8	20.9	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	不适用	8.5	不适用	6.6	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息, 请参阅[半导体和 IC 封装热指标](#)应用报告。

6.5 电气特性

除非另有说明, 否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$), $V_{IN} = 3.6\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$, $C_{IN} = 1\ \mu\text{F}$, $C_{OUT} = 1\ \mu\text{F}$ 。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源						
V_{IN}	输入电压范围		0.5		5.5	V
V_{IN_UVLO}	欠压锁定阈值	V_{IN} 上升		1.7	1.8	V
		V_{IN} 下降		0.4	0.5	V
I_{SD}	流入 V_{IN} 和 SW 引脚的关断电流	IC 禁用 (EN = 低电平), $V_{IN} = 3.6\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$		0.1	0.35	μA
I_{STB}	流入 V_{IN} 和 SW 引脚的待机电流	CHIP_EN = 0 (位), 升压使能 (EN = 高电平), $V_{IN} = 3.6\text{V}$, V_{OUT} 设置为 3V, 直通模式		26	29	μA
	流入 V_{OUT} 引脚的待机电流	CHIP_EN = 0 (位), 升压禁用 (EN = 低电平), V_{IN} 无电源, V_{OUT} 强制为 5V		25	28	μA
I_{NOR}	流入 V_{IN} 和 SW 引脚的正常工作电流	CHIP_EN = 1 (位), 升压使能 (EN = 高电平), $V_{IN} = 3.6\text{V}$, V_{OUT} 设置为 3V, 直通模式, $I_{OUT0} = I_{OUT1} = I_{OUT2} = I_{OUT3} = 25.5\text{mA}$ (MC = 0, DC = 255, PWM = 255)		0.45	0.65	mA
	流入 V_{OUT} 引脚的正常工作电流	CHIP_EN = 1 (位), 升压禁用 (EN = 低电平), V_{OUT} 强制为 3.6V, $I_{OUT0} = I_{OUT1} = I_{OUT2} = I_{OUT3} = 25.5\text{mA}$ (MC = 0, DC = 255, PWM = 255)		0.4	0.6	mA
升压输出						
V_{OUT}	输出电压设置范围		3		5.5	V
V_{OVP}	输出过压保护阈值	V_{OUT} 上升	5.5	5.7	5.9	V
V_{OVP_HYS}	过压保护迟滞			0.2		V
t_{SS}	软启动时间	从有效 EN 到 V_{OUT} 调节。 $V_{IN} = 1.8\text{V}$, $C_{OUT} = 22\ \mu\text{F}$, $I_{VOUT} = 0\text{mA}$		450		μs
升压电源开关						
$R_{DS(on)}$	高侧 MOSFET 导通电阻	$V_{VOUT} = 5\text{V}$		140		$\text{m}\Omega$
	低侧 MOSFET 导通电阻	$V_{VOUT} = 5\text{V}$		60		$\text{m}\Omega$
f_{SW}	开关频率	$V_{IN} = 3.6\text{V}$, V_{OUT} 设为 5.0V, PWM 模式		1		MHz
		$V_{IN} = 1.0\text{V}$, V_{OUT} 设置为 5.0V, PFM 模式		0.5		MHz
I_{LIM_SW}	谷值电流限值	$V_{IN} = 3.6\text{V}$, V_{OUT} 设置为 5.0V		1.6		A
I_{PRECHG}	预充电电流	$V_{IN} = 3.6\text{V}$		350		mA
LED 驱动器输出						
$R_{DS(on)_SW}$	扫描线开关 MOSFET 导通电阻	$V_{VOUT} = 3\text{V}$		1	1.4	Ω
	扫描线开关 MOSFET 导通电阻	$V_{VOUT} = 5\text{V}$		0.7	1.1	Ω

LP5813

ZHCSPA0C - SEPTEMBER 2023 - REVISED FEBRUARY 2025

除非另有说明，否则典型特性适用于整个环境温度范围 (- 40°C < TA < +85°C)，VIN = 3.6V，VOUT = 5V，CIN = 1 μF，COUT = 1 μF。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{CS}	恒流阱输出范围	V _{IN} = 3.6V，V _{OUT} 设置为 5V，MC = 0，manual_pwm_x = FFh (100% 导通)	0.1		25.5	mA
		V _{IN} = 3.6V，V _{OUT} 设置为 5V，MC = 1，manual_pwm_x = FFh (100% 导通)	0.2		51	mA
I _{CS_LKG}	恒流阱漏电流	V _{IN} = 3.6V，OUTx = 1V，manual_pwm_x = 0 (0%)		0.1	1	μA
I _{ERR_D2D}	器件间的电流误差， I _{ERR_D2D} = (I _{AVE} - I _{SET}) / I _{SET} × 100%	所有 LED 均亮起。电流设置为 0.1mA (max_current = 0，manual_dc_x = 01h，manual_pwm_x = FFh)	-5		5	%
		所有 LED 均亮起。电流设置为 0.2mA (max_current = 1，manual_dc_x = 01h，manual_pwm_x = FFh)	-3		3	%
		所有 LED 均亮起。电流设置为 1mA (max_current = 0，manual_dc_x = 0Ah，manual_pwm_x = FFh)	-5		5	%
		所有 LED 均亮起。电流设置为 1mA (max_current = 1，manual_dc_x = 05h，manual_pwm_x = FFh)	-3		3	%
		所有 LED 均亮起。电流设置为 25.5mA (max_current = 0，manual_dc_x = FFh，manual_pwm_x = FFh)	-5		5	%
		所有 LED 均亮起。电流设置为 51mA (max_current = 1，manual_dc_x = FFh，manual_pwm_x = FFh)	-3		3	%
I _{ERR_C2C}	通道间的电流误差 I _{ERR_C2C} = (I _{OUTx} - I _{AVE}) / I _{AVE} × 100%	所有 LED 均亮起。电流设置为 0.1mA (max_current = 0，manual_dc_x = 01h，manual_pwm_x = FFh)	-5		5	%
		所有 LED 均亮起。电流设置为 0.2mA (max_current = 1，manual_dc_x = 01h，manual_pwm_x = FFh)	-3		3	%
		所有 LED 均亮起。电流设置为 1mA (max_current = 0，manual_dc_x = 0Ah，manual_pwm_x = FFh)	-5		5	%
		所有 LED 均亮起。电流设置为 1mA (max_current = 1，manual_dc_x = 05h，manual_pwm_x = FFh)	-3		3	%
		所有 LED 均亮起。电流设置为 25.5mA (max_current = 0，manual_dc_x = FFh，manual_pwm_x = FFh)	-5		5	%
		所有 LED 均亮起。电流设置为 51mA (max_current = 1，manual_dc_x = FFh，manual_pwm_x = FFh)	-3		3	%
V _{HR}	LED 驱动器输出余量电压	所有 LED 均亮起。电流设置为 25.5mA (max_current = 0，manual_dc_x = FFh)		0.11	0.15	V
		所有 LED 均亮起。电流设置为 51mA (max_current = 1，manual_dc_x = FFh)		0.21	0.28	V
f _{LED_PWM}	LED PWM 频率	pwm_fre = 0		24		kHz
		pwm_fre = 1		12		kHz
f _{OSC}	内部振荡器频率	vsync_out_en = 1		6		MHz
逻辑接口						
V _{EN_H}	EN 逻辑高电平	V _{IN} > 1.8V		1.2		V

除非另有说明，否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < \text{TA} < +85^{\circ}\text{C}$)， $V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$ ， $V_{\text{OUT}} = 5\text{V}$ ， $C_{\text{IN}} = 1\ \mu\text{F}$ ， $C_{\text{OUT}} = 1\ \mu\text{F}$ 。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{EN_L}}$	EN 逻辑低电平	$V_{\text{IN}} > 1.8\text{V}$			0.35	V
$V_{\text{IH_LOGIC}}$	SDA、SCL、SYNC 的高电平输入电压		1.4			V
$V_{\text{IL_LOGIC}}$	SDA、SCL、SYNC 的低电平输入电压				0.4	V
$V_{\text{OH_LOGIC}}$	SYNC 的高电平输出电压		$V_{\text{VOUT}} - 0.2$			V
$V_{\text{OL_LOGIC}}$	SDA、SYNC 的低电平输出电压				0.4	V
保护						
T_{SD}	LED 驱动器器件的热关断阈值	T_{J} 上升		150		$^{\circ}\text{C}$
	升压转换器器件的热关断阈值	T_{J} 上升		155		$^{\circ}\text{C}$
$T_{\text{SD_HYS}}$	热关断迟滞	T_{J} 降至 T_{SD} 以下		15		$^{\circ}\text{C}$
$V_{\text{LOD_TH}}$	LED 开路检测阈值	电流设置为 25.5mA ($\text{max_current} = 0$, $\text{manual_dc_x} = \text{FFh}$)	70	90	110	mV
		电流设置为 51mA ($\text{max_current} = 1$, $\text{manual_dc_x} = \text{FFh}$)	150	180	220	mV
$V_{\text{LSD_TH}}$	LED 短路检测阈值	$\text{lzd_th} = 00\text{h}$	$0.32 \times V_{\text{OUT}}$	$0.35 \times V_{\text{OUT}}$	$0.38 \times V_{\text{OUT}}$	V
		$\text{lzd_th} = 01\text{h}$	$0.42 \times V_{\text{OUT}}$	$0.45 \times V_{\text{OUT}}$	$0.48 \times V_{\text{OUT}}$	V
		$\text{lzd_th} = 10\text{h}$	$0.52 \times V_{\text{OUT}}$	$0.55 \times V_{\text{OUT}}$	$0.58 \times V_{\text{OUT}}$	V
		$\text{lzd_th} = 11\text{h}$	$0.62 \times V_{\text{OUT}}$	$0.65 \times V_{\text{OUT}}$	$0.68 \times V_{\text{OUT}}$	V

6.6 时序要求

除非另有说明，否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < \text{TA} < +85^{\circ}\text{C}$)， $V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$ ， $V_{\text{CC}} = 5\text{V}$ ， $C_{\text{IN}} = 1\ \mu\text{F}$ ， $C_{\text{OUT}} = 1\ \mu\text{F}$ 。

I ² C 时序要求		最小值	标称值	最大值	单位
标准模式					
f_{SCL}	SCL 时钟频率	0		100	kHz
$t_{\text{HD_STA}}$	(重复) START 条件后的保持时间。在此时间段之后，生成第一个时钟脉冲。	4			μs
t_{LOW}	SCL 时钟的低电平周期	4.7			μs
t_{HIGH}	SCL 时钟的高电平周期	4			μs
$t_{\text{SU_STA}}$	重复启动条件的建立时间	4.7			μs
$t_{\text{HD_DAT}}$	数据保持时间	0			μs
$t_{\text{SU_DAT}}$	数据建立时间	250			ns
t_{r}	SDA 和 SCL 信号的上升时间			1000	ns
t_{f}	SDA 和 SCL 信号的下降时间			300	ns
$t_{\text{SU_STO}}$	STOP 条件的建立时间	4			μs
t_{BUF}	STOP 与 START 条件之间的总线空闲时间	4.7			μs
C_{b}	每个总线的容性负载			400	pF
快速模式					
f_{SCL}	SCL 时钟频率	0		400	kHz
$t_{\text{HD_STA}}$	(重复) START 条件后的保持时间。在此时间段之后，生成第一个时钟脉冲。	0.6			μs

除非另有说明，否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$)， $V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$ ， $V_{\text{CC}} = 5\text{V}$ ， $C_{\text{IN}} = 1\text{ }\mu\text{F}$ ， $C_{\text{OUT}} = 1\text{ }\mu\text{F}$ 。

I ² C 时序要求		最小值	标称值	最大值	单位
t _{LOW}	SCL 时钟的低电平周期	1.3			μs
t _{HIGH}	SCL 时钟的高电平周期	0.6			μs
t _{SU_STA}	重复启动条件的建立时间	0.6			μs
t _{HD_DAT}	数据保持时间	0			μs
t _{SU_DAT}	数据建立时间	100			ns
t _r	SDA 和 SCL 信号的上升时间			300	ns
t _f	SDA 和 SCL 信号的下降时间			300	ns
t _{SU_STO}	STOP 条件的建立时间	0.6			μs
t _{BUF}	STOP 与 START 条件之间的总线空闲时间	1.3			μs
C _b	每个总线的容性负载			400	pF
超快速模式					
f _{SCL}	SCL 时钟频率	0		1000	kHz
t _{HD_STA}	(重复) START 条件后的保持时间。在此时间段之后，生成第一个时钟脉冲。	0.26			μs
t _{LOW}	SCL 时钟的低电平周期	0.5			μs
t _{HIGH}	SCL 时钟的高电平周期	0.26			μs
t _{SU_STA}	重复启动条件的建立时间	0.26			μs
t _{HD_DAT}	数据保持时间	0			μs
t _{SU_DAT}	数据建立时间	50			ns
t _r	SDA 和 SCL 信号的上升时间			120	ns
t _f	SDA 和 SCL 信号的下降时间			120	ns
t _{SU_STO}	STOP 条件的建立时间	0.26			μs
t _{BUF}	STOP 与 START 条件之间的总线空闲时间	0.5			μs
C _b	每个总线的容性负载			550	pF
其他时序要求					
f _{CLK_EX}	VSYNC 输入时钟频率		6		MHz

6.7 典型特性

除非另有说明，否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$)， $V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$ ， $C_{\text{IN}} = 1\text{ }\mu\text{F}$ ， $C_{\text{OUT}} = 1\text{ }\mu\text{F}$

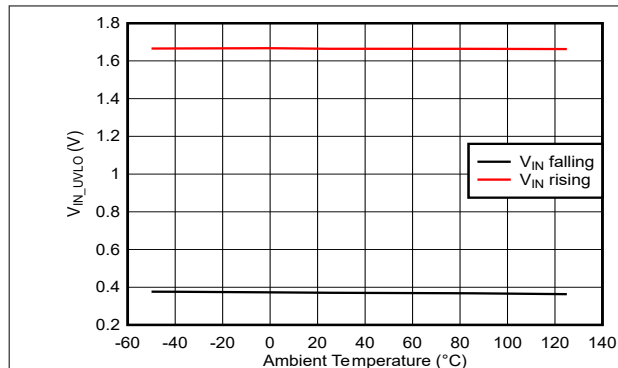


图 6-1. VIN UVLO 上升和下降阈值

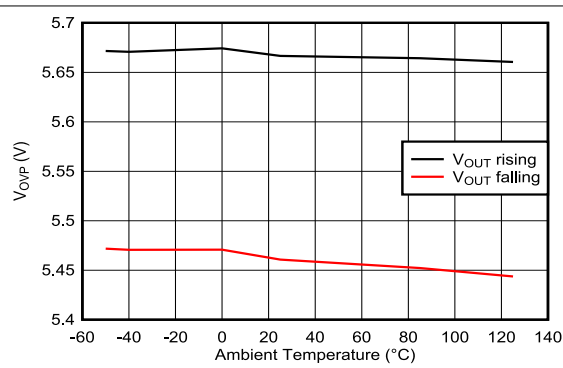


图 6-2. VOUT OVP 阈值

6.7 典型特性 (续)

除非另有说明, 否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$), $V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$, $C_{\text{IN}} = 1\mu\text{F}$, $C_{\text{OUT}} = 1\mu\text{F}$

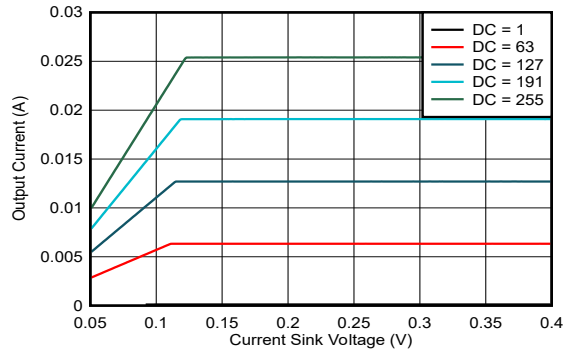


图 6-3. 电流阱电压与电流间的关系 (MC = 0)

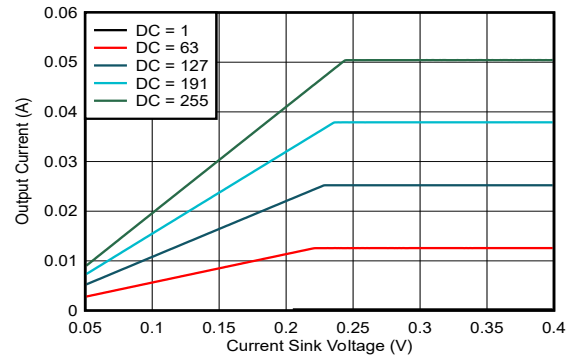


图 6-4. 电流阱电压与电流间的关系 (MC = 1)

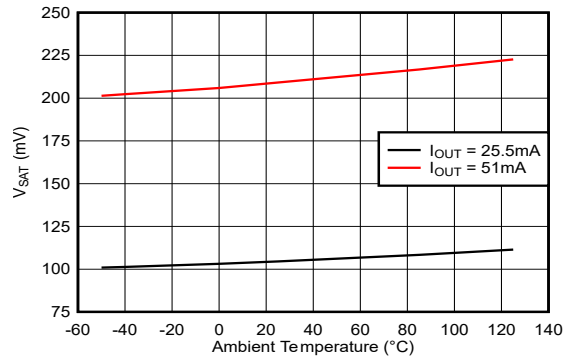


图 6-5. V_{SAT} 与温度间的关系

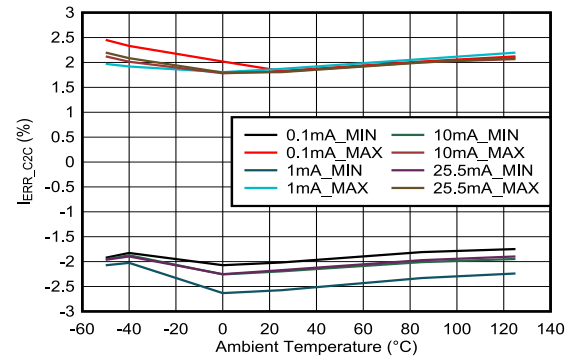


图 6-6. 通道间电流精度与温度间的关系 (MC = 0)

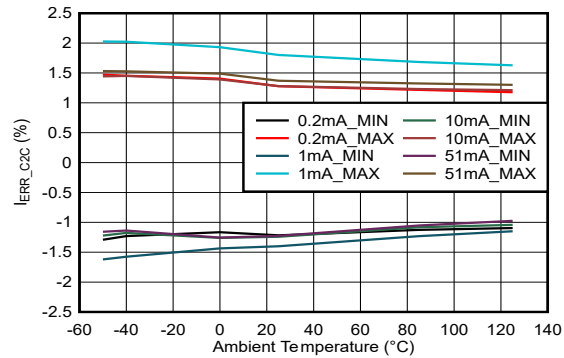


图 6-7. 通道间电流精度与温度间的关系 (MC = 1)

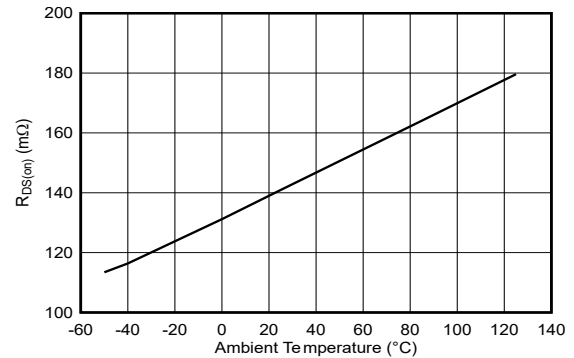


图 6-8. 升压高侧 MOSFET $R_{\text{DS(on)}}$

6.7 典型特性 (续)

除非另有说明, 否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$), $V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$, $C_{\text{IN}} = 1\mu\text{F}$, $C_{\text{OUT}} = 1\mu\text{F}$

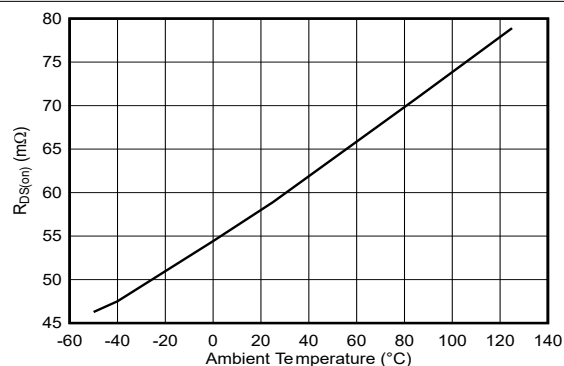


图 6-9. 升压低侧 MOSFET $R_{\text{DS(on)}}$

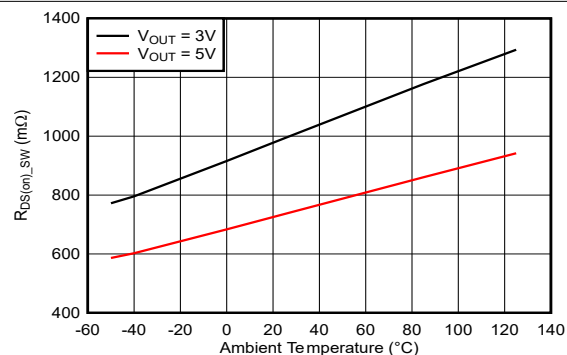


图 6-10. 扫描线开关 MOSFET $R_{\text{DS(on)}}$

7 详细说明

7.1 概述

LP5813 是一款具有自主动画引擎控制功能的同步升压 4×3 矩阵 RGB LED 驱动器。该器件在运行期间可支持 1.8V 最小启动电压和 0.5V 至 5.5V 输入电压范围。集成的同步升压转换器可输出 3V 至 5.5V 的电压，为 LED 提供足够的正向电压。时间交叉多路复用 (TCM) 方案可通过 $\frac{1}{4}$ 的扫描开关多路复用比率，支持多达 12 个 LED 或 4 个 RGB LED 的 4×3 矩阵。

LP5813 在有源模式下具有超低的工作电流，当 LED 最大电流设置为 25.5mA 时，仅消耗约 0.4mA。如果所有 LED 均熄灭，器件将进入待机状态以降低功耗并保留数据。当“chip_enable”位设置为 0 时，将以最小功耗进入初始状态以节省电力。

LP5813 同时支持模拟调光和 PWM 调光。在模拟调光中，每个 LED 的输出电流可采用 256 个阶跃进行调节。在 PWM 调光中，集成的 8 位可配置 PWM 发生器可实现平滑的亮度调光控制。可以为单个 LED 激活可选的指数 PWM 调光，以实现对人眼友好的视觉效果。

LP5813 集成了自主动画引擎，无需来自控制器的亮度控制命令。每个 LED 都有一个单独的动画引擎，可以通过相关寄存器进行配置。该器件可生成 6MHz 时钟信号，从而同步多个器件之间的照明效果。

LP5813 有 4 种不同的材料版本，每个版本都具有不同的 I²C 芯片地址。可在同一 I²C 总线上最多连接 4 个 LP581x 器件，并对每个器件进行单独控制。节 4 展示了 LP5813 材料和相应的芯片地址。

7.2 功能方框图

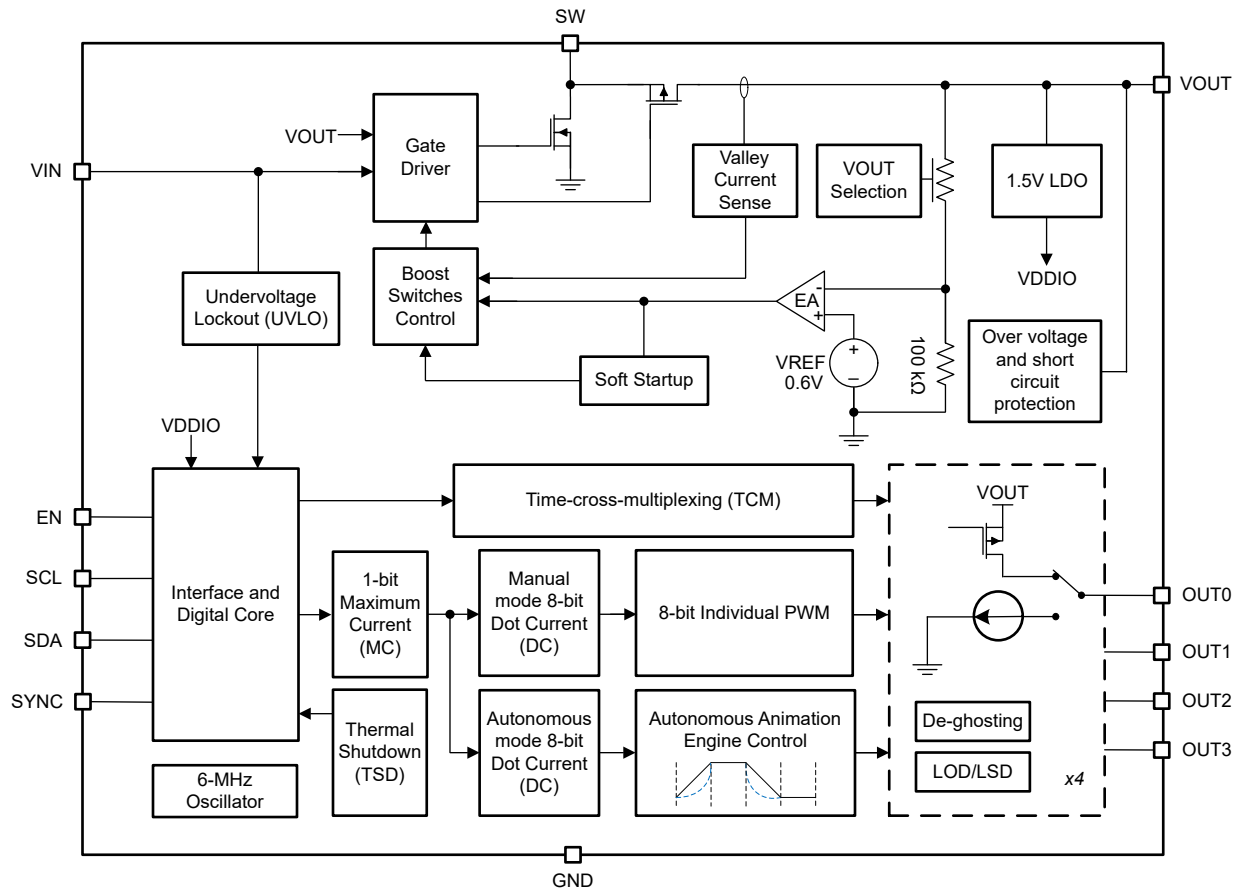


图 7-1. 功能方框图

7.3 特性说明

7.3.1 同步升压转换器

集成同步升压转换器被设计为以 0.5V 至 5.5V 的输入电压电源运行，具有 1.6A (典型值) 谷底开关电流限制。在驱动中等负载和重负载时，LP5813 以准恒定频率脉宽调制 (PWM) 模式运行。当输入电压高于 1.5V 时，开关频率为 1MHz。当输入电压从 1.5V 降至 1V 时，频率逐渐降低至 0.5MHz；当输入电压低于 1V 时，频率保持在 0.5MHz。在轻负载条件下，升压转换器以脉冲频率调制 (PFM) 模式运行。在 PWM 运行期间，转换器在自适应恒定导通时间谷底电流模式下工作，以实现出色的线性调整率和负载调整率，从而可以支持更小的电感器和陶瓷电容器。内部环路补偿降低了设计复杂性，同时最大限度地减少了外部元件。

加电时，默认输出电压为 3V。可以在“Dev_config_0”寄存器中将输出电压范围配置为 3V 至 5.5V，阶跃为 0.1V。集成升压转换器用作通用升压转换器，不仅可以为器件本身驱动的 LED 供电，还可以为系统中的其他负载供电。

7.3.1.1 欠压锁定

LP5813 具有内置欠压锁定 (UVLO) 电路，可确保器件正常工作。当输入电压高于 1.8V 的 UVLO 上升阈值时，可以启用 LP5813 升压。在 LP5813 完成软启动过程且输出电压上升至高于 2.2V 后，LP5813 可在输入电压低至 0.5V 的情况下工作。当输入电压低于 UVLO 下降阈值 0.4V 时，器件关断。

7.3.1.2 使能和软启动

当输入电压高于 UVLO 上升阈值 1.8V 且 EN 引脚被拉至高于 1.2V 的电压时，LP5813 升压价将启用并启动。开始时，当输出电压低于 0.4V 时，LP5813 以恒定电流为升压输出电容器充电。当输出电压被充电至 0.4V 以上时，LP5813 能够驱动 200mA 负载。输出电压达到输入电压后，LP5813 开始开关，输出电压持续斜升至默认电压 3V。在输入电压为 2.5V、输出有效电容为 10 μ F 且无负载的应用中，从 EN 拉至高电平到输出达到默认电压 3V 的典型启动时间为 450 μ s。当 EN 低于 0.42V 时，内部使能比较器会将器件置于关断模式。在关断模式下，器件完全关闭，输出与输入电源断开。

7.3.1.3 开关频率

当输入电压高于 1.5V 时，LP5813 会以准恒定 1MHz 频率进行开关。当输入电压低于 1.5V 时，开关频率会逐渐降低至 0.5MHz，从而提高升压效率并获得更高的升压比。当输入电压低于 1V 时，开关频率固定在准恒定 0.5MHz。

7.3.1.4 电流限值运行

LP5813 使用谷底电流限值检测方案。通过检测同步整流器上的电压，在开关关断时间内检测电感器电流。

当负载电流增加，使得在整个开关周期内电感器电流高于电流限值时，关断时间增加，以使电感器电流放电。在下一个导通时间之前，电流会降至限值以下。当达到电流限值时，如果负载电流持续增加，则输出电压降低。

在进入电流限值 (CL) 运行之前，最大连续输出电流 ($I_{OUT(CL)}$) 可由 [方程式 1](#) 定义。

$$I_{OUT(CL)} = (1 - D) \times \left(I_{LIM} + \frac{1}{2} \Delta I_{L(P-P)} \right) \quad (1)$$

其中

- D 为占空比
- $\Delta I_{L(P-P)}$ 是电感器纹波电流

占空比可通过 [方程式 2](#) 进行估算。

$$D = 1 - \frac{V_{IN} \times \eta}{V_{OUT}} \quad (2)$$

其中

- V_{OUT} 是升压转换器的输出电压
- V_{IN} 是升压转换器的输入电压
- η 是该转换器的效率，对于大多数应用使用 90%

峰峰值电感器纹波电流可通过[方程式 3](#) 进行计算。

$$\Delta I_{L(P-P)} = \frac{V_{IN} \times D}{L \times f_{SW}} \quad (3)$$

其中

- L 是电感器的电感值
- f_{SW} 为开关频率
- D 为占空比
- V_{IN} 是升压转换器的输入电压

7.3.1.5 升压 PWM 模式

在中等负载至重负载电流下，LP5813 使用准恒定 1.0MHz 频率脉宽调制 (PWM)。根据输入电压与输出电压之比，电路可预测所需的导通时间。在开关周期开始时，主开关低侧 FET 导通。输入电压施加在电感器上，电感器电流逐渐增大。在此阶段，输出电容器由负载电流放电。当导通时间结束时，低侧 FET 关断，高侧整流器 FET 导通。电感器传输其存储的能量以补充输出电容器并为负载供电。由于输出电压高于输入电压，电感器电流会下降。当电感器电流达到误差放大器输出确定的谷值电流阈值时，下一个开关周期再次开始。

LP5813 具有内置补偿电路，可适应宽范围的输入电压、输出电压、电感器值和输出电容器值，以实现稳定运行。

7.3.1.6 升压 PFM 模式

LP5813 在 PFM 下工作，可提高轻载时的效率。当负载电流减小时，误差放大器输出设置的电感器谷值电流不再调节输出电压。当电感器的谷值电流达到下限值时，输出电压会随着负载电流进一步降低而超过设定电压。当反馈电压达到 PFM 基准电压 (典型值为 0.6V) 时，LP5813 在 PFM 下工作。当反馈电压升高并达到 PFM 基准电压时，由于内部比较器的延迟时间，器件会继续开关几个周期，然后停止开关。负载由输出电容器供电，输出电压下降。当反馈电压降至低于 PFM 基准电压时，器件会再次开始切换以在比较器延迟一段时间后升高输出电压。

[图 7-2](#) 展示了器件在 PWM 和 PFM 下工作时的电压波形。

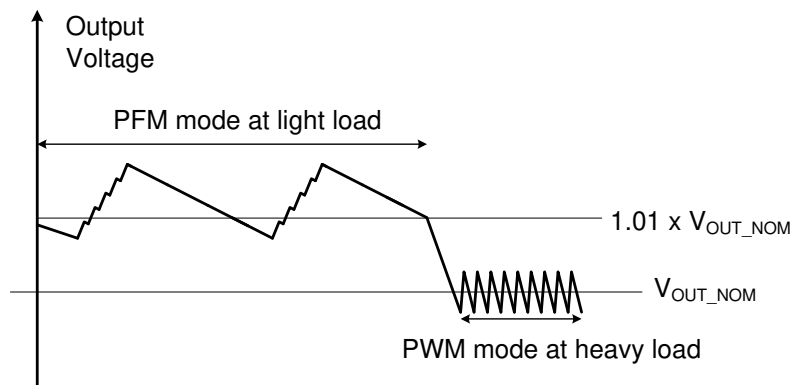


图 7-2. PWM 模式和 PFM 模式下的输出电压

7.3.1.7 直通模式

当输入电压高于设置输出电压时，输出电压高于目标稳压电压。当输出电压为设置目标电压的 101% 时，LP5813 停止开关并完全导通高侧 FET，在直通模式下工作。输出电压等于输入电压减去电感器 DCR 与高侧 FET 的 $R_{DS(on)}$ 两端的压降。当输出电压随着输入电压下降或负载电流增加而降至设定目标电压的 97% 以下时，LP5813 会再次恢复开关以调节输出电压。

7.3.2 时间交叉多路复用 (TCM) 方案

LP5813 集成了 4 个高侧 PMOS 扫描开关和 4 个恒定电流阱。每个 OUTx (x = 0、1、2、3) 有 1 个 PMOS 扫描开关和 1 个恒定电流阱。PMOS 开关的源极连接至升压输出 V_{OUT}。在默认设置下的正常运行期间，开关从 OUT0 到 OUT3 依次导通。同时，只选择 1 个 OUT 作为开关，其他 3 个 OUT 作为恒定电流阱。因此，以 1/4 多路复用比形成 4×3 矩阵。可以在 Dev_config_2 寄存器中配置 OUT 的扫描顺序

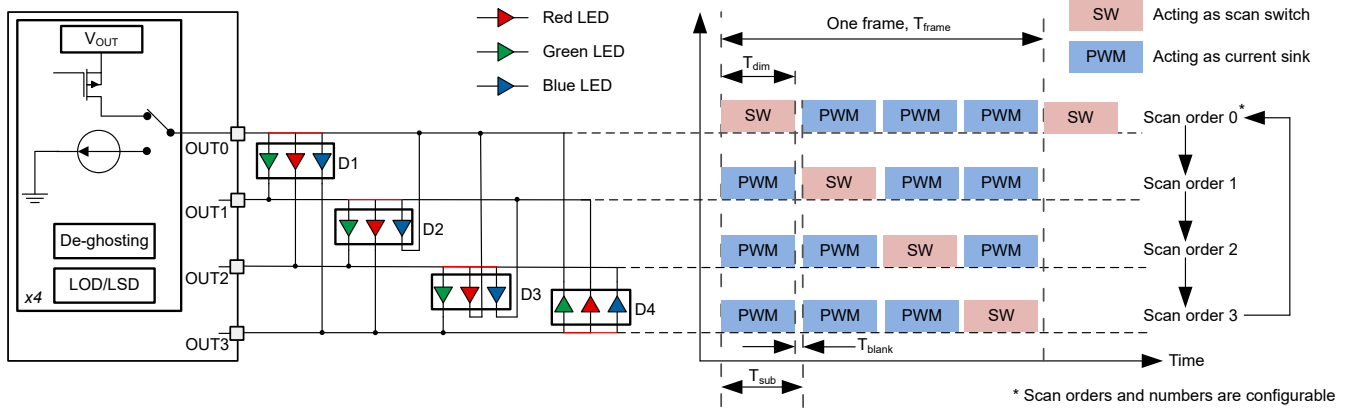


图 7-3. 时间交叉多路复用 (TCM) 方案

图 7-3 展示了四个输出的简化 TCM 方案时序图。一个完整的显示帧包括 4 个子周期。每个子周期包含调光周期和消隐时间周期。在开关周期中，选择 1 个输出作为开关，而其他 3 个输出作为电流阱。在两个相邻的开关周期之间应用消隐时间，以消除重影。

一个子周期时间 T_{sub} 的计算公式为方程式 4：

$$T_{sub} = T_{dim} + T_{blank} \quad (4)$$

- T_{dim} 是一个开关周期的扫描开关导通时间，等于一个 PWM 周期 42 μs (PWM 频率设置为 24kHz) 或 84 μs (PWM 频率设置为 12kHz)。
- T_{blank} 是在两个相邻调光周期之间应用的消隐时间，范围为 1 μs 至 2 μs 并通过 Dev_Config11 寄存器中的“Blank_Time”位选择。

一个完整的帧时间 T_{frame} 的计算公式为方程式 5：

$$T_{frame} = T_{sub} \times Scan \# \quad (5)$$

- 扫描数量是扫描开关总数。

LP5813 可通过 Dev_Config_1 寄存器中的 led_mode 位配置为直接驱动模式、TCM 驱动模式和混合驱动模式。混合驱动模式包含针对不同输出的直接驱动模式和 TCM 驱动模式。通过这种方法，LP5813 可以为不同 LED 平均电流、LED 数量和 PCB 布局的 LED 配置提供更大的灵活性。

7.3.2.1 直接驱动模式

当 led_mode 位为 0h 时，直接驱动模式可以通过内部恒定电流阱直接驱动多达 4 个 LED (或 1 个 RGBW/RGBA/RGBY LED)。图 7-4 展示了典型应用电路。每个电流阱可支持高达 51mA 的最大电流。在寄存器映射中，LED_x (x = 0、1、2、3) 用作相关设置下每个输出的名称。

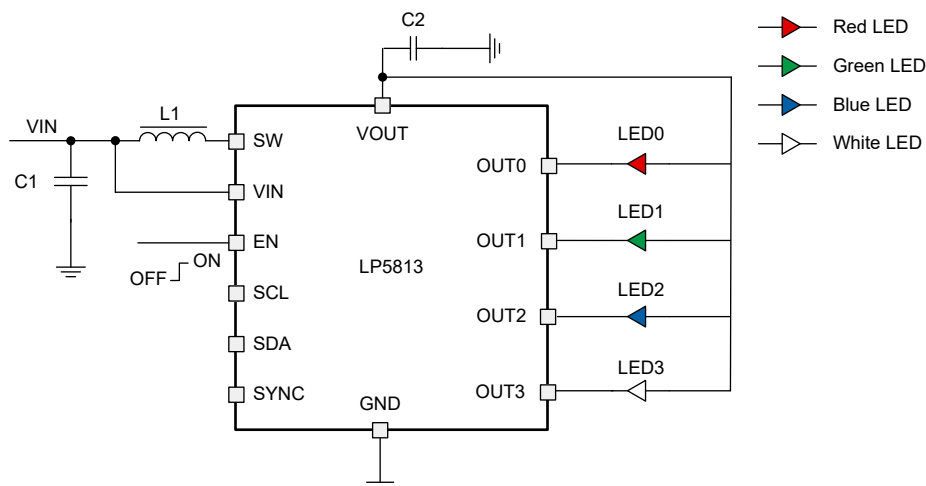


图 7-4. 直接驱动模式 (led_mode = 0h)

7.3.2.2 TCM 驱动模式

TCM 驱动模式用于使用 TCM 方案驱动多达 12 个 LED (或 4 个 RGB LED)，该方案通过设置 led_mode = 1h/2h/3h/4h 进行 1/2/3/4 次扫描来进行配置。设置扫描次数后，需要写入 scan_order_x (x = 1、2、3、4) 位作为每个输出的扫描顺序。在 4 次扫描模式下，默认顺序是从 OUT0 到 OUT3。

表 7-1. TCM 驱动模式下寄存器映射中的 LED 名称

寄存器中的 LED 名称		LED 阴极			
		OUT0	OUT1	OUT2	OUT3
LED 阳极	OUT0 (A)	-	LED_A0	LED_A1	LED_A2
	OUT1 (B)	LED_B2	-	LED_B0	LED_B1
	OUT2 (C)	LED_C1	LED_C2	-	LED_C0
	OUT3 (D)	LED_D0	LED_D1	LED_D2	-

图 7-5 (1 次扫描)、图 7-6 (2 次扫描)、图 7-7 (3 次扫描) 和图 7-8 (4 次扫描) 展示了典型应用电路。

备注

为了避免意外发光，在 RGB LED 应用中，建议将红色 LED 放置在 LED_x1 (x = A、B、C、D) 位置。

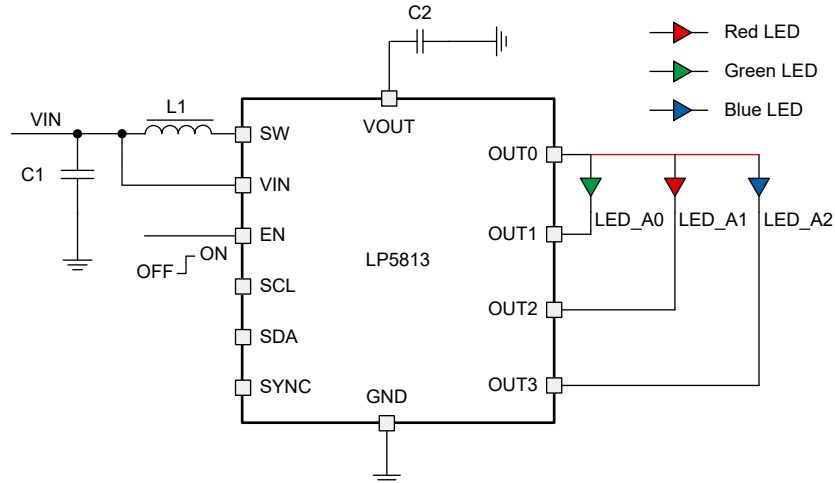


图 7-5. TCM 驱动模式，1 次扫描 (led_mode = 1h , scan_order_0 = 0h)

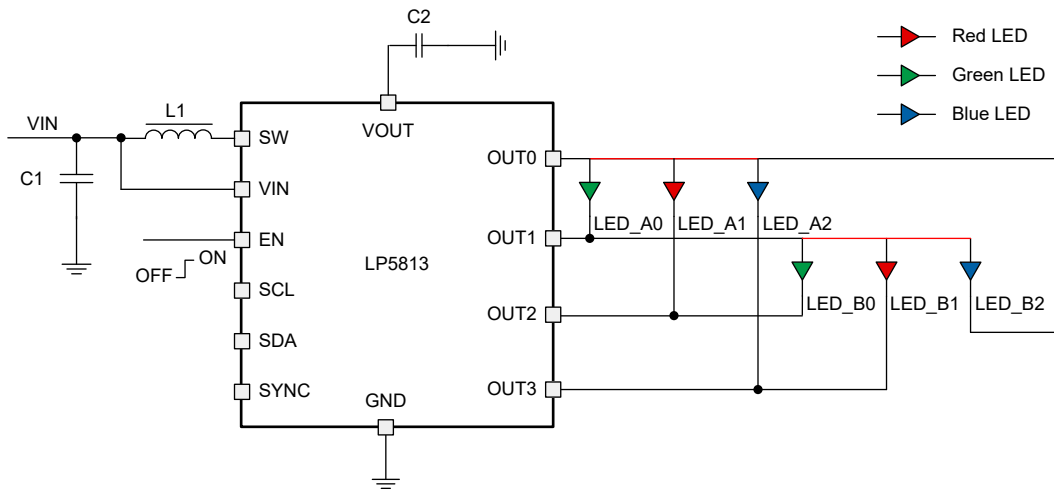


图 7-6. TCM 驱动模式，2 次扫描 (led_mode = 2h , scan_order_0 = 0h , scan_order_1 = 1h)

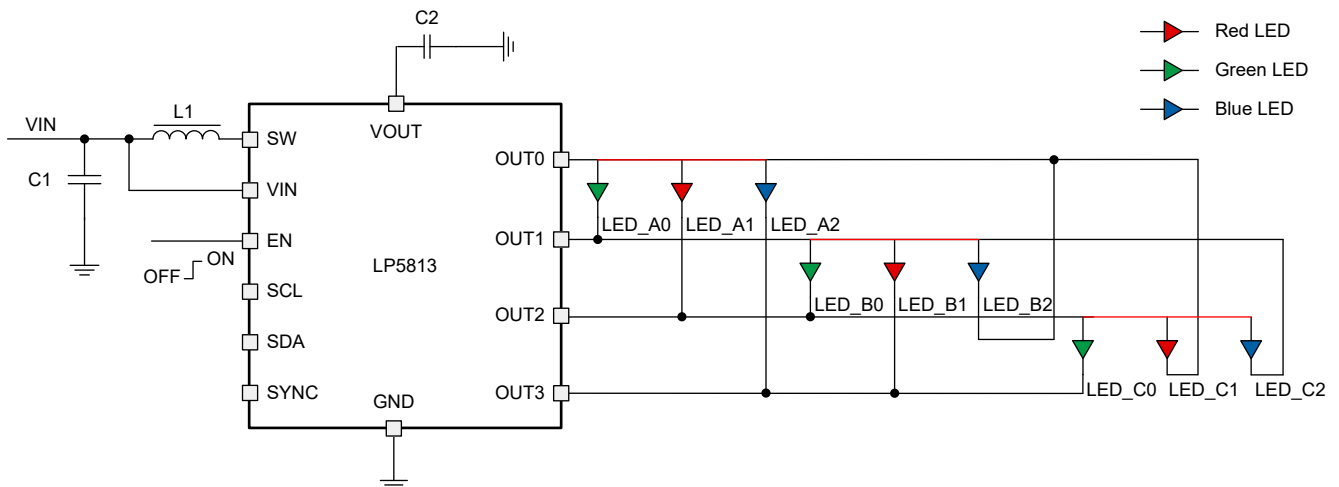


图 7-7. TCM 驱动模式，3 次扫描 (led_mode = 3h , scan_order_0 = 0h , scan_order_1 = 1h , scan_order_2 = 2h)

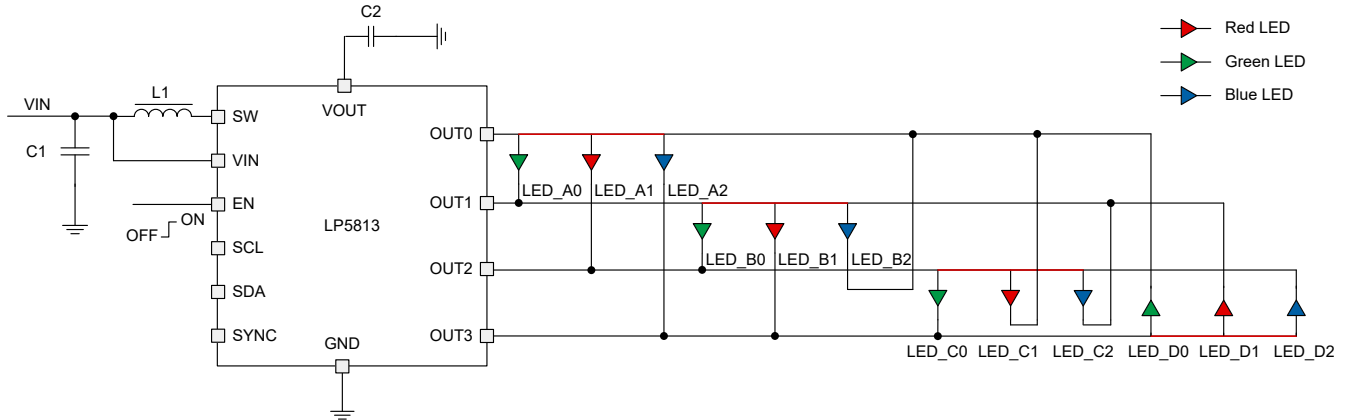


图 7-8. TCM 驱动模式，4 次扫描 (led_mode = 4h , scan_order_0 = 0h , scan_order_1 = 1h , scan_order_2 = 2h , scan_order_3 = 3h)

7.3.2.3 混合驱动模式

混合驱动模式可以同时通过直接驱动和 TCM 驱动来分别驱动各个 LED。通过设置 led_mode = 5h/6h/7h 进行 1/2/3 次扫描来配置混合驱动模式。设置扫描次数后，需要写入 scan_order_x (x = 1、2、3、4) 作为扫描顺序。然后，直接驱动 LED 需要通过 Dev_Config_1 寄存器中的 mix_sel_led 进行配置。为了控制 LED，寄存器映射中的 LED_x (x = 0、1、2、3) 用于直接驱动 LED，而 LED_xy (x = A、B、C、D ; y = 0、1、2) 用于 TCM 驱动 LED。

图 7-9 (1 次扫描) 图 7-10 (2 次扫描) 和图 7-11 (3 次扫描) 展示了典型应用图。

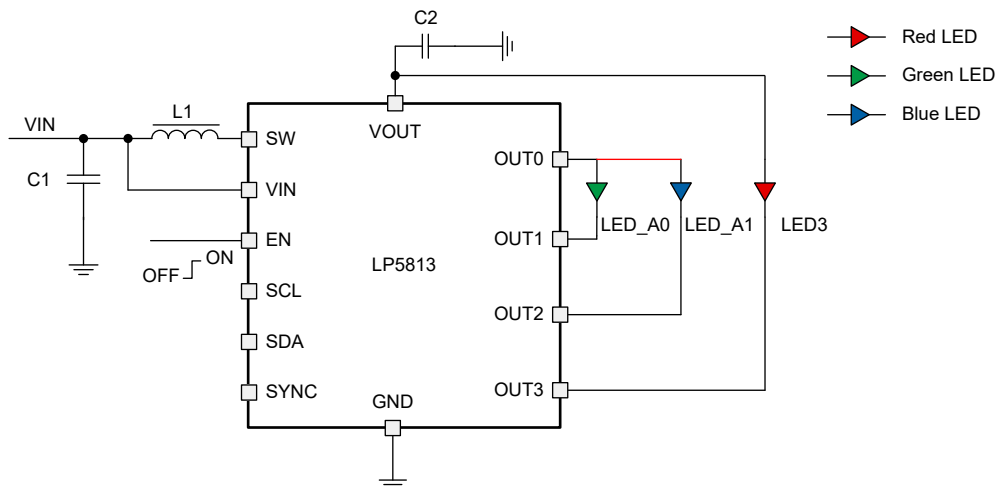


图 7-9. 混合驱动，1 次扫描 (led_mode = 5h , scan_order_0 = 0h , mix_sel_led = 8h)

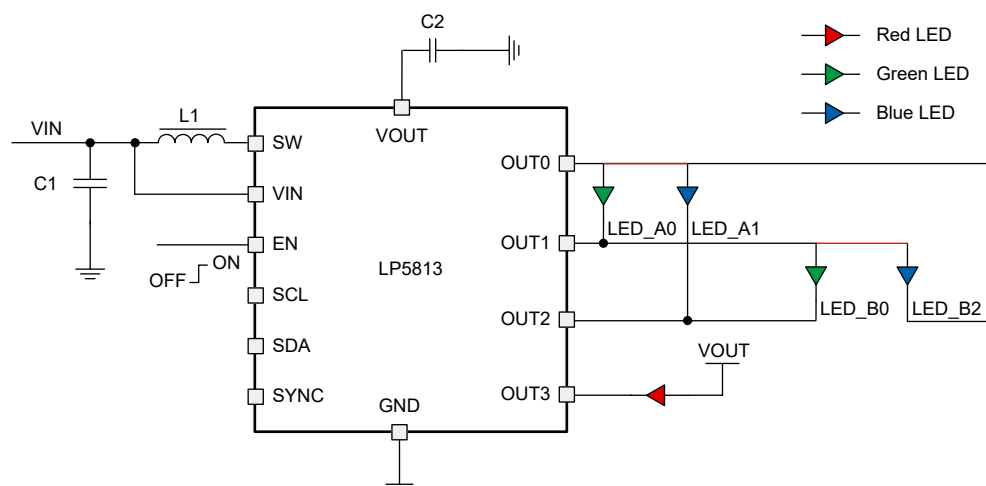


图 7-10. 混合驱动模式，2 次扫描 ($\text{led_mode} = 6\text{h}$, $\text{scan_order_0} = 0\text{h}$, $\text{scan_order_1} = 1\text{h}$, $\text{mix_sel_led} = 8\text{h}$)

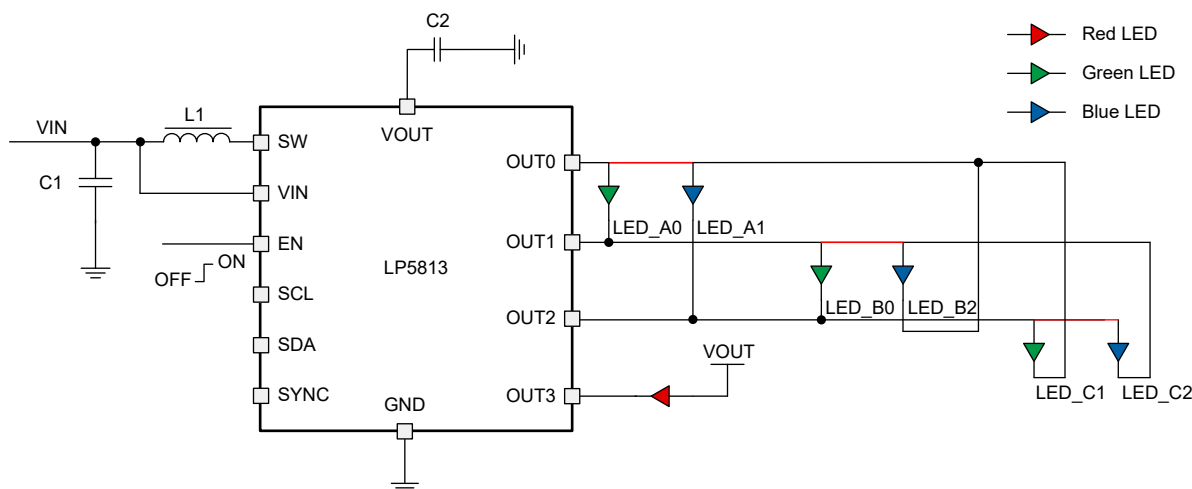


图 7-11. 混合驱动模式，3 次扫描 ($\text{led_mode} = 7\text{h}$, $\text{scan_order_0} = 0\text{h}$, $\text{scan_order_1} = 1\text{h}$, $\text{scan_order_2} = 2\text{h}$, $\text{mix_sel_led} = 8\text{h}$)

7.3.2.4 重影消除

LP5813 集成重影消除电路，可避免上下重影现象。通过设置 $\text{clamp_dis} = 1\text{h}$ (默认为 0，即启用该功能) 可以禁用重影消除。

在开关周期其余的 PWM 关断期间或在空白时间期间输出上的电压将被钳位，在 Dev_Config12 寄存器的 clamp_sel 位中设置该值。以下寄存器展示了不同钳位选择的影响。

V_{OUT} 和 $V_{\text{OUT}} - V_f$ 之间的中间电压 V_{mid} 用于钳位 OUT_x ($x = 0, 1, 2, 3$)，其中 V_f 是 LED 的正向电压。该方案可实现针对扫描开关 FET 的预放电和针对电流阱的预充电，从而消除时分多路复用拓扑中的上侧和下侧重影问题。由于扫描开关 FET 与电流阱的钳位电压具有相同的值，因此可以避免在重影消除期间 LED 上出现反向电压。 V_{mid} 有 4 个选项，具体通过 Dev_Config12 寄存器的 vmid_sel 位进行选择，可用于不同类型 LED 的不同正向电压范围。

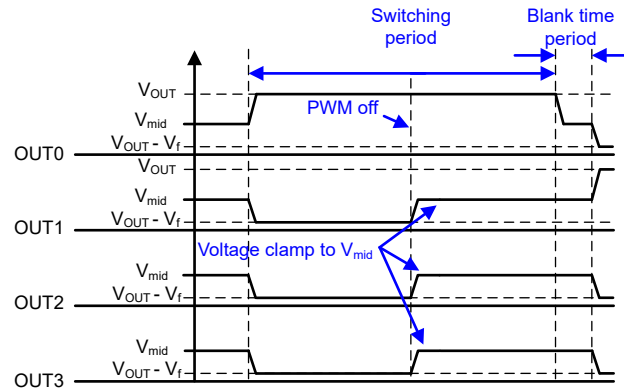


图 7-12. clamp_sel = 1 时的重影消除波形

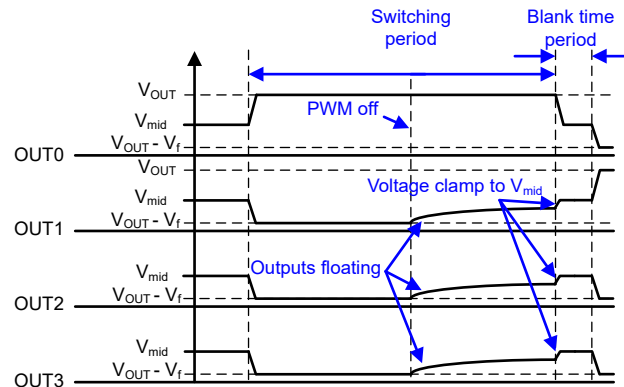


图 7-13. clamp_sel = 0 时的重影消除波形

7.3.3 模拟调光

可通过 2 种方法来控制每个 LED 的电流增益，从而在 LP5813 中实现模拟调光。

- 对所有 LED 进行全局 1 位最大电流 (MC) 控制，无需外部电阻
- 对每个 LED 进行单独的 8 位点电流 (DC) 控制

每个电流阱的最大输出电流 I_{OUT_max} 可通过 1 位 max_current 进行编程。max_current 默认值为 0h，即 LED 最大电流默认设置为 25.5mA。

表 7-2. 最大电流 (MC) 位设置

1 位最大电流 (MC)		I_{OUT_MAX} (mA)
二进制	十进制	
0 (默认值)	0 (默认值)	25.5 (默认值)
1	1	51

LP5813 可以使用点电流 (DC) 功能单独调节每个 LED 的峰值电流，更大限度地减少 LED Bin 之间的亮度偏差，从而实现一致的显示性能。电流在 I_{OUT_MAX} 的 0% 至 100% 范围内以 256 个阶跃进行调整，在默认值为 80h 的 8 位寄存器中进行编程。

表 7-3. 点电流 (DC) 位设置

8 位点电流 (DC) 寄存器		I_{OUT_MAX} 的比率
二进制	十进制	
0000 0000	0	0%
0000 0001	1	0.39%

表 7-3. 点电流 (DC) 位设置 (续)

8 位点电流 (DC) 寄存器		I _{OUT_MAX} 的比率
二进制	十进制	
0000 0010	2	0.78%
---	---	---
1000 0000 (默认值)	128 (默认值)	50.2% (默认值)
---	---	---
1111 1101	253	99.2%
1111 1110	254	99.6%
1111 1111	255	100%

通过配置 MC 和 DC，可以使用[方程式 6](#) 计算每个电流阱的峰值电流：

$$I_{OUT}(mA) = I_{OUT_max} \times \frac{DC}{255} \quad (6)$$

TCM 驱动模式和混合驱动模式下每个 LED 的平均电流如[方程式 7](#) 所示：

$$I_{AVE}(mA) = \frac{I_{OUT}}{N} \times \frac{DC}{255} \times D_{PWM} \quad (7)$$

- N 为总扫描次数设置。
- D_{PWM} 是 PWM 占空比。

7.3.4 PWM 调光

LP5813 支持以 24kHz 或 12kHz 的频率进行 8 位 PWM 调光，由 Dev_config_1 寄存器中的“PWM_Fre”位配置。内部 6MHz 振荡器用于生成 PWM 时钟。通过配置 Dev_Config_11 寄存器中的“vsync_out_en”位，可以将 SYNC 引脚配置为 PWM 时钟输入或输出。如果在具有自主动画引擎控制的系统中使用多个 LP5813，则所有器件都可以参考来自 LP5813 或外部控制器之一的相同时钟信号，以避免长时间运行时出现动画不匹配。

每个 LED 可配置为 3 个不同的 PWM 对齐相位：前向、中间和后向。每个 LED 的对齐相位由 Dev_Config_7 至 Dev_Config_10 寄存器中的“phase_align”位设置。通过在不同相位打开 LED，可以大大降低升压或系统电源的峰值电流负载。输入电流纹波和陶瓷电容器可闻振铃也会有所降低。[图 7-14](#) 展示了 PWM 对齐相位。在前向对齐中，PWM 脉冲的上升沿在 PWM 周期开始时固定。在中间对齐中，PWM 脉冲的中点在 PWM 周期的中段固定，而脉冲在两个方向上传播。在后向对齐中，PWM 脉冲的下降沿在 PWM 周期结束时固定。

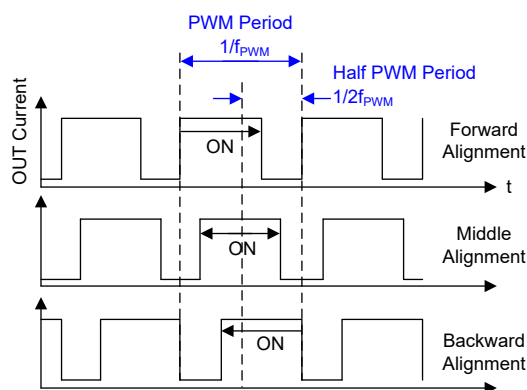


图 7-14. PWM 对齐方案

LP5813 允许用户通过 `Dev_Config_5` 和 `Dev_Config_6` 寄存器中的 “`exp_en`” 位将调光标度配置为指数曲线或线性曲线。通过使用内部指数标度，实现对人眼友好的视觉效果。线性标度在 PWM 占空比和 PWM 设定值之间具有出色的线性度，可为外部控制伽马校正算法提供灵活的方法。8 位线性性和指数曲线如图 7-15 所示。

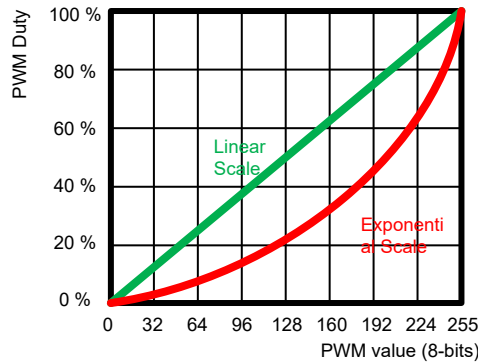


图 7-15. 线性性和指数 PWM 调光曲线

7.3.5 自主动画引擎控制

LP5813 支持在手动模式和自主模式下控制每个 LED 的 DC 和 PWM。在手动模式下，LED 由相关配置寄存器直接控制并立即反映值。在自主模式下，每个 LED 都应用了自主动画引擎，无需使用外部处理器控制即可实现逼真的照明效果。动画引擎模式由 3 个动画引擎单元 (AEU) 和 2 个动画暂停单元 (APU) 组成，可实现复杂而灵活的控制。一个 AEU 由 4 个 `sloper` 组成，用于实现淡入淡出效果。

设置完所有动画引擎模式配置后，将 `start_cmd` 发送到器件可让动画自主运行，从而释放外部控制器实时加载。每个 LED 的 PWM 值和单元状态可以从 `PWM_value` 寄存器和 `pattern_status` 寄存器读取。为了保证读取结果的准确性，建议先发送 `pause_cmd` 以暂停动画。

7.3.5.1 动画引擎模式

LP5813 的每个 LED 都有自己的动画引擎，可实现出色的视觉照明效果。图 7-16 定义了一个完整的动画引擎模式。3 个动画引擎单元 (AEU) 和 2 个动画暂停单元 (APU) 组成了动画引擎模式。通过将播放时间设置为 0，可以跳过 AEU2 和 AEU3。在自主模式下，每个 LED 的 LED 电流可通过 `Autonomous_DC` 寄存器进行设置。

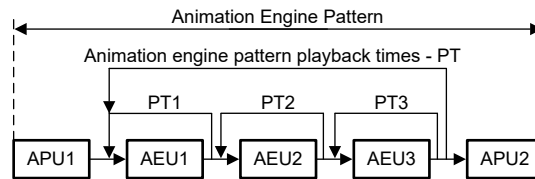


图 7-16. 动画引擎模式

整个动画模式包括两个 APU 和三个 AEU，并具有多个播放时间：

- `APUx` ($x = 1, 2$)：动画暂停单元，每个单元包括一个计时值 `T`。
- `AEUx` ($x = 1, 2, 3$)：动画引擎单元，包括 5 个 PWM 值 (`PWM1` 至 `PWM5`) 和 4 个时间值 (`T1` 至 `T4`)。
- `PT`：`AEU1+AEU2+AEU3` 的播放时间，具有 2 位值来设置 0/1/2/无限时间。
- `PTx`：`AEUx` ($x=1/2/3$) 的播放时间，具有 2 位值来设置 0/1/2/无限时间。

7.3.5.2 Sloper

`Sloper` 是实现自主淡入和淡出动画的基本元素。它可以在目标时间周期 `T` 内实现从 “`PWM_Start`” 到 “`PWM_End`” 的 256 步淡入或淡出效果，如图 7-17 所示。8 位 PWM 步进可在动画图形 PWM 设置寄存器中进行配置，有助于实现极其平滑的效果。`Sloper` 中也可以支持指数调光曲线。

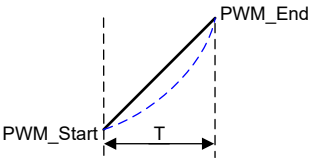


图 7-17. Sloper 曲线演示

可编程时间 T 可在 0s 到大约 8s 之间选择，有 16 级，如表 7-4 所示。

表 7-4. 可编程时间选项

寄存器值	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	Ah	Bh	Ch	Dh	Eh	Fh
时间 (典型值)	0s	0.09s	0.18s	0.36s	0.54s	0.80s	1.07s	1.52s	2.06s	2.50s	3.04s	4.02s	5.01s	5.99s	7.06s	8.05s

7.3.5.3 动画引擎单元 (AEU)

AEU 是实现自主动画效果的最重要单元。一个 AEU 由 4 个 sloper 组成。有 5 个 PWM 值，可以在 AEU 中配置 4 个时间值。每个 PWM_x (x = 1、2、...、5) 都可以在 0 到 255 之间进行任意编程，Tx (x = 1、2、3、4) 可选择 0s 到 8s 之间的值，有 16 级，请参阅表 7-4。如果两个相邻的 PWM 值相等，则亮度在设置的时间内保持不变。当 Tx 设置为 0 时，将跳过该 sloper。为了避免 PWM 值突然变化导致闪烁，该 sloper 的开始和结束 PWM 需要相同。

典型的呼吸效果示例如图 7-18 所示。

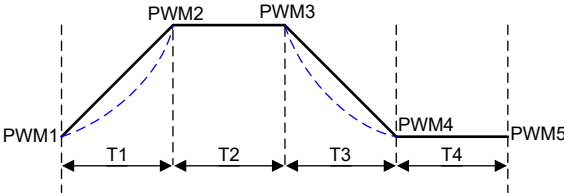


图 7-18. 动画引擎单元 - 示例 1

图 7-19 中显示了高级呼吸效果示例。在 PWM 上升和下降阶段设置 2 个不同的渐变速度，以实现复杂的动画。

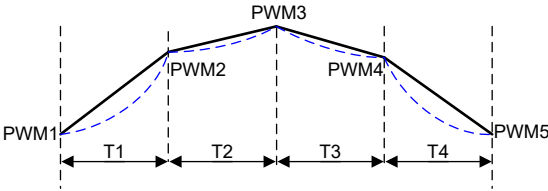


图 7-19. 动画引擎单元 - 示例 2

7.3.5.4 动画暂停单元 (APU)

APU 定义为动画模式开始和结束时的暂停时间。APU 包含 1 个时间值，可选择 0s 到 8s 之间的值，有 16 级，请参阅表 7-4。如果该值设置为 0，则跳过 APU。APU1 的亮度使用 APU1 后面的 AEU 的 PWM1 值，而 APU2 的亮度使用 APU2 前面的 AEU 的 PWM5 值。图 7-20 展示了一个动画模式示例。在该模式中仅启用 AEU2，因此 APU1 的亮度使用 AEU2 的 PWM1 值，APU2 的亮度使用 AEU2 的 PWM5 值。

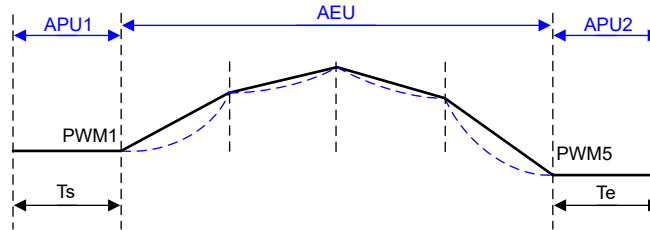


图 7-20. APU 示例

7.3.6 保护和诊断

7.3.6.1 过压保护

LP5813 升压具有输出过压保护 (OVP) 功能，用于保护器件。当输出电压高于 5.7V 时，升压会停止开关。一旦输出电压降至低于 OVP 阈值 0.1V，升压将再次恢复运行。

7.3.6.2 输出接地短路保护

当升压输出电压低于 1.8V 时，LP5813 升压开始限制升压电流。升压输出电压越低，输出电流就越小。当 VOUT 引脚接地短路且升压输出电压低于 0.4V 时，输出电流被限制为约 350mA。解除短路之后，LP5813 再次进行软启动，以便达到稳定的输出电压。

7.3.6.3 LED 开路检测

LP5813 集成了 LED 开路检测 (LOD) 功能，用于检测由任何开路 LED 引起的故障。当最大电流设置为 25.5mA 时，LOD 阈值为 90mV；当最大电流设置为 51mA 时，LOD 阈值为 180mV。为了获得足够的检测时间，仅当此 LED 的 PWM 设置高于 25 时才能执行 LOD。如果此 LED 阴极上的电压在连续 3 个周期内低于 LOD 阈值，则会将该 LED 的 LED 开路情况报告给相应的 LOD_status 寄存器。

可以通过将 1h 写入 Fault_Clear 寄存器中的 “lod_clear” 位来清除 LOD 标志。如果 LED 打开状态被移除，相关的 “lod_status” 位将自动设置为 0。

Dev_config_12 寄存器中的 “lod_action” 位可以确定检测到开路故障后的操作。当 “lod_action” 位设置为 1h 时，LED 开路所在的点将关闭，以避免任何不可预测的问题。当 “lod_action” 位为 0 时，检测到 LOD 后不采取任何其他操作。LED 开路故障检测和操作仅在正常状态下执行。

7.3.6.4 LED 短路检测

LP5813 集成了 LED 短路检测 (LSD) 功能，可检测由任何短路 LED 引起的故障。通过在 Dev_config_12 寄存器中配置 lsd_threshold，LSD 的阈值可以配置为 $(0.35 \times V_{OUT})V$ 至 $(0.65 \times V_{OUT})V$ 之间的值。为了获得足够的检测时间，仅当此 LED 的 PWM 设置高于 25 时才能执行 LSD。如果此 LED 阴极上的电压在连续 3 个周期内高于 LSD 阈值，则会将该 LED 的 LED 短路情况报告给相应的 LSD_status 寄存器。

通过将 1h 写入 Fault_CLR 寄存器中的 lsd_clear，可以清除 LSD 标志。如果 LED 短路状态被移除，相关的 lsd_status 位将自动设置为 0。

Dev_config_12 寄存器中的 “lsd_action” 位可以确定检测到开路故障后的反应。如果将 “lsd_action” 位设置为 1h，则所有 LED 都将关闭，这称为连带失效 (OFAF) 操作，可防止短路问题导致的潜在损坏。发送 “lsd_clear” 命令后，器件进入待机状态。当 “lsd_action” 位为 0 时，检测到 LSD 后不采取任何其他操作。仅在正常状态下执行 LSD 检测。

7.3.6.5 热关断

一旦结温超过 150°C ，LP5813 的 LED 驱动器就会进入热关断状态。所有 LED 都会关闭以避免损坏器件。当结温降至热关断恢复温度 130°C 以下时，LED 驱动器开始再次运行。

一旦结温超过 155°C ，LP5813 的升压转换器就会停止开关并关断，同时还触发 LED 驱动器器件的上电复位。当结温降至热关断恢复温度 (通常为 130°C) 以下时，LP5813 进入关断状态，然后需要再次配置器件才能正常运行。

7.4 器件功能模式

图 7-21 展示了 LED 驱动器的主状态机。

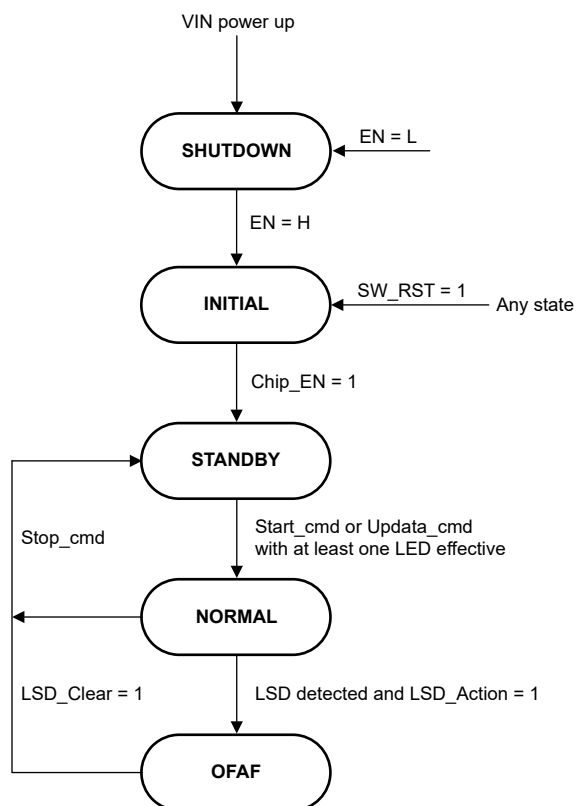


图 7-21. LP5813 功能模式

- 关断：VIN 上电后，器件进入关断状态。
- INITIAL：当 EN 被拉至高电平时，器件从关断状态进入初始状态。
- 待机：当 Chip_EN 设置为 1 时，器件从初始状态进入待机状态。当没有任何 LED 有效或接收到 Stop_cmd 时，器件也可以从正常进入待机状态，或者当 LSD_Clear = 1 时，从 OFAF 进入待机状态。
- NORMAL：当一个或多个 LED 有效时，器件从待机进入正常状态：对于手动模式，至少一个 LED 使能（PWM 和 DC 设置不为 0）；对于自主模式，至少一个 LED 使能并接收 Start_cmd。
- OFAF：当检测到 LED 短路且 LSD_Action = 1 时，器件将进入 OFAF（连带失效）状态。在 OFAF 模式下，所有 LED 均熄灭。一旦 LSD_Clear 被写入 1，器件就会重新进入待机状态。

7.5 编程

LP5813 与 I²C 标准规范兼容。该器件支持标准模式 (最大 100kHz)、快速模式 (最大 400kHz) 和快速+ 模式 (最大 1MHz)。该器件具有 4 个不同的芯片地址版本, 可在一条 I²C 总线中最多连接四个并联器件。

I²C 数据事务

在时钟信号 (SCL) 的高电平期间, SDA 线上的数据必须保持稳定。换句话说, 只有在时钟信号为低电平时才能改变数据线的状态。启动和停止条件对数据传输会话的开始和结束进行分类。启动条件定义为当 SCL 线为高电平时 SDA 信号从高电平到低电平的转换。停止条件定义为当 SCL 为高电平时 SDA 从低电平到高电平的转换。总线领导者始终生成启动和停止条件。总线在启动条件之后被视为忙状态, 在停止条件之后被视为空闲状态。在数据发送期间, 总线领导者可以生成重复的启动条件。首次启动和重复启动条件在功能上是等效的。

每个数据字节必须后跟一个确认位。领导者生成与确认相关的时钟脉冲。领导者会在确认时钟脉冲期间释放 SDA 线 (高电平)。该器件在第 9 个时钟脉冲期间将 SDA 线拉至低电平, 表示确认。该器件在收到每个字节后生成确认。

在每个字节后确认的规则有一个例外。当领导者是接收器时, 接收器必须通过不确认 (否定确认) 跟随者在时钟沿输出的最后一个字节来向发送器指示数据结束。该否定确认仍包含确认时钟脉冲 (由领导者生成), 但未将 SDA 线拉至低电平。

I²C 数据格式

地址和数据位在每个周期中以 8 位长度格式发送, 首先发送 MSB。每次发送都从地址字节 1 开始, 该字节分为 5 位的芯片地址、寄存器地址的高 2 位以及 1 个读取/写入位。寄存器地址的其他 8 个低位被放置在地址字节 2 中。该器件支持独立模式和广播模式。利用自动递增功能, 可以在一次发送中对多个连续的寄存器进行写入/读取。如果不连续, 则必须开始新的发送。位 4 和位 3 由器件决定, 请参阅节 4。

表 7-5. I²C 数据格式

地址字节 1	芯片地址					寄存器地址		R/W
	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
独立式	1	0	1	位 4	位 3	第 9 位	第 8 位	R : 1, W : 0
广播	1	1	0	1	1			
地址字节 2	寄存器地址							
	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
	第 7 位	第 6 位	第 5 位	第 4 位	第 3 位	第 2 位	第 1 位	0 位

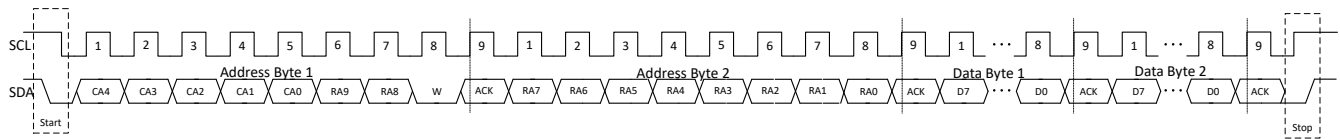


图 7-22. I²C 写入时序

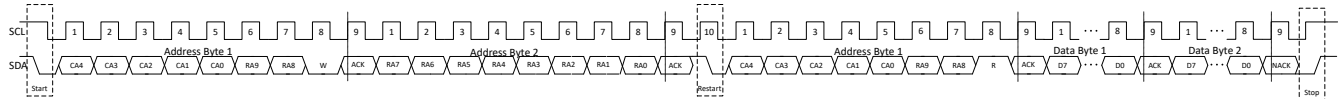


图 7-23. I²C 读取时序

8 寄存器映射表

本节提供了寄存器映射的摘要。

表 8-1. 寄存器段/块访问类型代码

访问类型	代码	说明
读取类型		
R	R	读取
RC	R C	读取 即清零
R-0	R -0	读取 返回 0
写入类型		
W	W	写入
W1C	W 1C	W 1 即清零
复位或默认值		
-n		复位后的值或默认值

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值	
Device_Enable 寄存器												
Chip_en	000h	R/W	保留							chip_en	00h	
配置寄存器												
Dev_Config_0	001h	R/W	保留			boost_vout					max_curr ent	00h
Dev_Config_1	002h	R/W	pwm_fre	led_mode			mix_sel_led					00h
Dev_Config_2	003h	R/W	scan_order_3		scan_order_2		scan_order_1		scan_order_0		E4h	
Dev_Config_3	004h	R/W	auto_en_ b0	auto_en_ a2	auto_en_ a1	auto_en_ a0	auto_en_ 3	auto_en_ 2	auto_en_ 1	auto_en_ 0	00h	
Dev_Config_4	005h	R/W	auto_en_ d2	auto_en_ d1	auto_en_ d0	auto_en_ c2	auto_en_ c1	auto_en_ c0	auto_en_ b2	auto_en_ b1	00h	
Dev_Config_5	006h	R/W	exp_en_b 0	exp_en_a 2	exp_en_a 1	exp_en_a 0	exp_en_3	exp_en_2	exp_en_1	exp_en_0	00h	
Dev_Config_6	007h	R/W	exp_en_d 2	exp_en_d 1	exp_en_d 0	exp_en_c 2	exp_en_c 1	exp_en_c 0	exp_en_b 2	exp_en_b 1	00h	
Dev_Config_7	008h	R/W	phase_align_3		phase_align_2		phase_align_1		phase_align_0		00h	
Dev_Config_8	009h	R/W	phase_align_b0		phase_align_a2		phase_align_a1		phase_align_a0		00h	
Dev_Config_9	00Ah	R/W	phase_align_c1		phase_align_c0		phase_align_b2		phase_align_b1		00h	
Dev_Config_10	00Bh	R/W	phase_align_d2		phase_align_d1		phase_align_d0		phase_align_c2		00h	
Dev_Config_11	00Ch	R/W	保留					vsync_ou t_en	blank_time		00h	
Dev_Config_12	00Dh	R/W	vmid_sel		clamp_se l	clamp_di s	lod_actio n	lsd_actio n	lsd_threshold		08h	
命令寄存器												
CMD_Update	010h	W1C	update_command									00h
CMD_Start	011h	W1C	start_command									00h
CMD_Stop	012h	W1C	stop_command									00h
CMD_Pause	013h	W1C	pause_command									00h
CMD_Continue	014h	W1C	continue_command									00h
led_enable 寄存器												

LP5813

ZHCSPA0C - SEPTEMBER 2023 - REVISED FEBRUARY 2025

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
led_en_1	020h	R/W	led_en_b0	led_en_a2	led_en_a1	led_en_a0	led_en_3	led_en_2	led_en_1	led_en_0	00h
led_en_2	021h	R/W	led_en_d2	led_en_d1	led_en_d0	led_en_c2	led_en_c1	led_en_c0	led_en_b2	led_en_b1	00h
Fault_Clear 寄存器											
Fault_Clear	022h	W1C	保留					tsd_clear	lsd_clear	lod_clear	00h
复位寄存器											
复位	023h	W1C	sw_reset								00h
Manual_DC 寄存器											
Manual_DC_0	030h	R/W	manual_dc_0								00h
Manual_DC_1	031h	R/W	manual_dc_1								00h
Manual_DC_2	032h	R/W	manual_dc_2								00h
Manual_DC_3	033h	R/W	manual_dc_3								00h
Manual_DC_4	034h	R/W	manual_dc_a0								00h
Manual_DC_5	035h	R/W	manual_dc_a1								00h
Manual_DC_6	036h	R/W	manual_dc_a2								00h
Manual_DC_7	037h	R/W	manual_dc_b0								00h
Manual_DC_8	038h	R/W	manual_dc_b1								00h
Manual_DC_9	039h	R/W	manual_dc_b2								00h
Manual_DC_10	03Ah	R/W	manual_dc_c0								00h
Manual_DC_11	03Bh	R/W	manual_dc_c1								00h
Manual_DC_12	03Ch	R/W	manual_dc_c2								00h
Manual_DC_13	03Dh	R/W	manual_dc_d0								00h
Manual_DC_14	03Eh	R/W	manual_dc_d1								00h
Manual_DC_15	03Fh	R/W	manual_dc_d2								00h
手动 PWM 寄存器											
Manual_PWM_0	040h	R/W	manual_pwm_0								00h
Manual_PWM_1	041h	R/W	manual_pwm_1								00h
Manual_PWM_2	042h	R/W	manual_pwm_2								00h
Manual_PWM_3	043h	R/W	manual_pwm_3								00h
Manual_PWM_4	044h	R/W	manual_pwm_a0								00h
Manual_PWM_5	045h	R/W	manual_pwm_a1								00h
Manual_PWM_6	046h	R/W	manual_pwm_a2								00h
Manual_PWM_7	047h	R/W	manual_pwm_b0								00h
Manual_PWM_8	048h	R/W	manual_pwm_b1								00h
Manual_PWM_9	049h	R/W	manual_pwm_b2								00h
Manual_PWM_10	04Ah	R/W	manual_pwm_c0								00h
Manual_PWM_11	04Bh	R/W	manual_pwm_c1								00h
Manual_PWM_12	04Ch	R/W	manual_pwm_c2								00h
Manual_PWM_13	04Dh	R/W	manual_pwm_d0								00h
Manual_PWM_14	04Eh	R/W	manual_pwm_d1								00h
Manual_PWM_15	04Fh	R/W	manual_pwm_d2								00h
Autonomous_DC 寄存器											
Auto_DC_0	050h	R/W	auto_dc_0								00h
Auto_DC_1	051h	R/W	auto_dc_1								00h
Auto_DC_2	052h	R/W	auto_dc_2								00h

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
Auto_DC_3	053h	R/W	auto_dc_3								00h
Auto_DC_4	054h	R/W	auto_dc_a0								00h
Auto_DC_5	055h	R/W	auto_dc_a1								00h
Auto_DC_6	056h	R/W	auto_dc_a2								00h
Auto_DC_7	057h	R/W	auto_dc_b0								00h
Auto_DC_8	058h	R/W	auto_dc_b1								00h
Auto_DC_9	059h	R/W	auto_dc_b2								00h
Auto_DC_10	05Ah	R/W	auto_dc_c0								00h
Auto_DC_11	05Bh	R/W	auto_dc_c1								00h
Auto_DC_12	05Ch	R/W	auto_dc_c2								00h
Auto_DC_13	05Dh	R/W	auto_dc_d0								00h
Auto_DC_14	05Eh	R/W	auto_dc_d1								00h
Auto_DC_15	05Fh	R/W	auto_dc_d2								00h
LED_0_Autonomous_Animation 寄存器											
LED_0_Auto_Pause	080h	R/W	led_0_pause_start				led_0_pause_stop				00h
LED_0_Auto_Playback	081h	R/W	保留		led_0_aeu_num		LED_0_pt				00h
LED_0_AEU1_PWM_1	082h	R/W	led_0_aeu1_pwm1								00h
LED_0_AEU1_PWM_2	083h	R/W	led_0_aeu1_pwm2								00h
LED_0_AEU1_PWM_3	084h	R/W	led_0_aeu1_pwm3								00h
LED_0_AEU1_PWM_4	085h	R/W	led_0_aeu1_pwm4								00h
LED_0_AEU1_PWM_5	086h	R/W	led_0_aeu1_pwm5								00h
LED_0_AEU1_T12	087h	R/W	led_0_aeu1_t2				led_0_aeu1_t1				00h
LED_0_AEU1_T34	088h	R/W	led_0_aeu1_t4				led_0_aeu1_t3				00h
LED_0_AEU1_Playback	089h	R/W	保留						led_0_aeu1_pt		00h
LED_0_AEU2_PWM_1	08Ah	R/W	led_0_aeu2_pwm1								00h
LED_0_AEU2_PWM_2	08Bh	R/W	led_0_aeu2_pwm2								00h
LED_0_AEU2_PWM_3	08Ch	R/W	led_0_aeu2_pwm3								00h
LED_0_AEU2_PWM_4	08Dh	R/W	led_0_aeu2_pwm4								00h
LED_0_AEU2_PWM_5	08Eh	R/W	led_0_aeu2_pwm5								00h
LED_0_AEU2_T12	08Fh	R/W	led_0_aeu2_t2				led_0_aeu2_t1				00h
LED_0_AEU2_T34	090h	R/W	led_0_aeu2_t4				led_0_aeu2_t3				00h
LED_0_AEU2_Playback	091h	R/W	保留						led_0_aeu2_pt		00h
LED_0_AEU3_PWM_1	092h	R/W	led_0_aeu3_pwm1								00h
LED_0_AEU3_PWM_2	093h	R/W	led_0_aeu3_pwm2								00h

LP5813

ZHCSPA0C - SEPTEMBER 2023 - REVISED FEBRUARY 2025

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
LED_0_AEU3_PWM_3	094h	R/W	led_0_aeu3_pwm3								00h
LED_0_AEU3_PWM_4	095h	R/W	led_0_aeu3_pwm4								00h
LED_0_AEU3_PWM_5	096h	R/W	led_0_aeu3_pwm5								00h
LED_0_AEU3_T12	097h	R/W	led_0_aeu3_t2				led_0_aeu3_t1				00h
LED_0_AEU3_T34	098h	R/W	led_0_aeu3_t4				led_0_aeu3_t3				00h
LED_0_AEU3_Playback	099h	R/W	保留						led_0_aeu3_pt		00h
LED_1 自主动画寄存器											
LED_1_Auto_Pause	09Ah	R/W	led_1_pause_start				led_1_pause_stop				00h
LED_1_Auto_Playback	09Bh	R/W	保留		led_1_aeu_num		led_1_pt				00h
LED_1_AEU1_PWM_1	09Ch	R/W	led_1_aeu1_pwm1								00h
LED_1_AEU1_PWM_2	09Dh	R/W	led_1_aeu1_pwm2								00h
LED_1_AEU1_PWM_3	09Eh	R/W	led_1_aeu1_pwm3								00h
LED_1_AEU1_PWM_4	09Fh	R/W	led_1_aeu1_pwm4								00h
LED_1_AEU1_PWM_5	0A0h	R/W	led_1_aeu1_pwm5								00h
LED_1_AEU1_T12	0A1h	R/W	led_1_aeu1_t2				led_1_aeu1_t1				00h
LED_1_AEU1_T34	0A2h	R/W	led_1_aeu1_t4				led_1_aeu1_t3				00h
LED_1_AEU1_Playback	0A3h	R/W	保留						led_1_aeu1_pt		00h
LED_1_AEU2_PWM_1	0A4h	R/W	led_1_aeu2_pwm1								00h
LED_1_AEU2_PWM_2	0A5h	R/W	led_1_aeu2_pwm2								00h
LED_1_AEU2_PWM_3	0A6h	R/W	led_1_aeu2_pwm3								00h
LED_1_AEU2_PWM_4	0A7h	R/W	led_1_aeu2_pwm4								00h
LED_1_AEU2_PWM_5	0A8h	R/W	led_1_aeu2_pwm5								00h
LED_1_AEU2_T12	0A9h	R/W	led_1_aeu1_t2				led_1_aeu1_t1				00h
LED_1_AEU2_T34	0AAh	R/W	led_1_aeu1_t4				led_1_aeu1_t3				00h
LED_1_AEU2_Playback	0ABh	R/W	保留						led_1_aeu2_pt		00h
LED_1_AEU3_PWM_1	0ACh	R/W	led_1_aeu3_pwm1								00h
LED_1_AEU3_PWM_2	0ADh	R/W	led_1_aeu3_pwm2								00h
LED_1_AEU3_PWM_3	0AEh	R/W	led_1_aeu3_pwm3								00h
LED_1_AEU3_PWM_4	0AFh	R/W	led_1_aeu3_pwm4								00h
LED_1_AEU3_PWM_5	0B0h	R/W	led_1_aeu3_pwm5								00h

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
LED_1_AEU3_T12	0B1h	R/W	led_1_aeu3_t2				led_1_aeu3_t1				00h
LED_1_AEU3_T34	0B2h	R/W	led_1_aeu3_t4				led_1_aeu3_t3				00h
LED_1_AEU3_Play back	0B3h	R/W	保留						led_1_aeu3_pt		00h
LED_2 自主动画寄存器											
LED_2_Auto_Paus e	0B4h	R/W	led_2_pause_start				led_2_pause_stop				00h
LED_2_Auto_Playb ack	0B5h	R/W	保留		led_2_aeu_num		led_2_pt				00h
LED_2_AEU1_PWM _1	0B6h	R/W	led_2_aeu1_pwm1								00h
LED_2_AEU1_PWM _2	0B7h	R/W	led_2_aeu1_pwm2								00h
LED_2_AEU1_PWM _3	0B7h	R/W	led_2_aeu1_pwm3								00h
LED_2_AEU1_PWM _4	0B9h	R/W	led_2_aeu1_pwm4								00h
LED_2_AEU1_PWM _5	0BAh	R/W	led_2_aeu1_pwm5								00h
LED_2_AEU1_T12	0BBh	R/W	led_2_aeu1_t2				led_2_aeu1_t1				00h
LED_2_AEU1_T34	0BCh	R/W	led_2_aeu1_t4				led_2_aeu1_t3				00h
LED_2_AEU1_Play back	0BDh	R/W	保留						led_2_aeu1_pt		00h
LED_2_AEU2_PWM _1	0BEh	R/W	led_2_aeu2_pwm1								00h
LED_2_AEU2_PWM _2	0BFh	R/W	led_2_aeu2_pwm2								00h
LED_2_AEU2_PWM _3	0C0h	R/W	led_2_aeu2_pwm3								00h
LED_2_AEU2_PWM _4	0C1h	R/W	led_2_aeu2_pwm4								00h
LED_2_AEU2_PWM _5	0C2h	R/W	led_2_aeu2_pwm5								00h
LED_2_AEU2_T12	0C3h	R/W	led_2_aeu2_t2				led_2_aeu2_t1				00h
LED_2_AEU2_T34	0C4h	R/W	led_2_aeu2_t4				led_2_aeu2_t3				00h
LED_2_AEU2_Play back	0C5h	R/W	保留						led_2_aeu2_pt		00h
LED_2_AEU3_PWM _1	0C6h	R/W	led_2_aeu3_pwm1								00h
LED_2_AEU3_PWM _2	0C7h	R/W	led_2_aeu3_pwm2								00h
LED_2_AEU3_PWM _3	0C8h	R/W	led_2_aeu3_pwm3								00h
LED_2_AEU3_PWM _4	0C9h	R/W	led_2_aeu3_pwm4								00h
LED_2_AEU3_PWM _5	0CAh	R/W	led_2_aeu3_pwm5								00h
LED_2_AEU3_T12	0CBh	R/W	led_2_aeu3_t2				led_2_aeu3_t1				00h
LED_2_AEU3_T34	0CCh	R/W	led_2_aeu3_t4				led_2_aeu3_t3				00h
LED_2_AEU3_Play back	0CDh	R/W	保留						led_2_aeu3_pt		00h
LED_3 自主动画寄存器											

LP5813

ZHCSPA0C - SEPTEMBER 2023 - REVISED FEBRUARY 2025

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
LED_3_Auto_Pause	0CEh	R/W	led_3_pause_start				led_3_pause_stop				00h
LED_3_Auto_Playback	0CFh	R/W	保留		led_3_aeu_num		led_3_pt				00h
LED_3_AEU1_PWM_1	0D0h	R/W	led_3_aeu1_pwm1								00h
LED_3_AEU1_PWM_2	0D1h	R/W	led_3_aeu1_pwm2								00h
LED_3_AEU1_PWM_3	0D2h	R/W	led_3_aeu1_pwm3								00h
LED_3_AEU1_PWM_4	0D3h	R/W	led_3_aeu1_pwm4								00h
LED_3_AEU1_PWM_5	0D4h	R/W	led_3_aeu1_pwm5								00h
LED_3_AEU1_T12	0D5h	R/W	led_3_aeu1_t2				led_3_aeu1_t1				00h
LED_3_AEU1_T34	0D6h	R/W	led_3_aeu1_t4				led_3_aeu1_t3				00h
LED_3_AEU1_Playback	0D7h	R/W	保留						led_3_aeu1_pt		00h
LED_3_AEU2_PWM_1	0D8h	R/W	led_3_aeu2_pwm1								00h
LED_3_AEU2_PWM_2	0D9h	R/W	led_3_aeu2_pwm2								00h
LED_3_AEU2_PWM_3	0DAh	R/W	led_3_aeu2_pwm3								00h
LED_3_AEU2_PWM_4	0DBh	R/W	led_3_aeu2_pwm4								00h
LED_3_AEU2_PWM_5	0DCh	R/W	led_3_aeu2_pwm5								00h
LED_3_AEU2_T12	0DDh	R/W	led_3_aeu2_t2				led_3_aeu2_t1				00h
LED_3_AEU2_T34	0DEh	R/W	led_3_aeu2_t4				led_3_aeu2_t3				00h
LED_3_AEU2_Playback	0DFh	R/W	保留						led_3_aeu2_pt		00h
LED_3_AEU3_PWM_1	0E0h	R/W	led_3_aeu3_pwm1								00h
LED_3_AEU3_PWM_2	0E1h	R/W	led_3_aeu3_pwm2								00h
LED_3_AEU3_PWM_3	0E2h	R/W	led_3_aeu3_pwm3								00h
LED_3_AEU3_PWM_4	0E3h	R/W	led_3_aeu3_pwm4								00h
LED_3_AEU3_PWM_5	0E4h	R/W	led_3_aeu3_pwm5								00h
LED_3_AEU3_T12	0E5h	R/W	led_3_aeu3_t2				led_3_aeu3_t1				00h
LED_3_AEU3_T34	0E6h	R/W	led_3_aeu3_t4				led_3_aeu3_t3				00h
LED_3_AEU3_Playback	0E7h	R/W	保留						led_3_aeu3_pt		00h
LED_A0 自主动画寄存器											
LED_A0_Auto_Pause	0E8h	R/W	led_a0_pause_start				led_a0_pause_stop				00h
LED_A0_Auto_Playback	0E9h	R/W	保留		led_a0_aeu_num		led_a0_pt				00h
LED_A0_AEU1_PWM_1	0EAh	R/W	led_a0_aeu1_pwm1								00h

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值	
LED_A0_AEU1_PWM_2	0EBh	R/W	led_a0_aeu1_pwm2								00h	
LED_A0_AEU1_PWM_3	0ECh	R/W	led_a0_aeu1_pwm3								00h	
LED_A0_AEU1_PWM_4	0EDh	R/W	led_a0_aeu1_pwm4								00h	
LED_A0_AEU1_PWM_5	0EEh	R/W	led_a0_aeu1_pwm5								00h	
LED_A0_AEU1_T12	0EFh	R/W	led_a0_aeu1_t2				led_a0_aeu1_t1				00h	
LED_A0_AEU1_T34	0F0h	R/W	led_a0_aeu1_t4				led_a0_aeu1_t3				00h	
LED_A0_AEU1_Playback	0F1h	R/W	保留							LED_a0_aeu1_pt		00h
LED_A0_AEU2_PWM_1	0F2h	R/W	led_a0_aeu2_pwm1								00h	
LED_A0_AEU2_PWM_2	0F3h	R/W	led_a0_aeu2_pwm2								00h	
LED_A0_AEU2_PWM_3	0F4h	R/W	led_a0_aeu2_pwm3								00h	
LED_A0_AEU2_PWM_4	0F5h	R/W	led_a0_aeu2_pwm4								00h	
LED_A0_AEU2_PWM_5	0F6h	R/W	led_a0_aeu2_pwm5								00h	
LED_A0_AEU2_T12	0F7h	R/W	led_a0_aeu2_t2				led_a0_aeu2_t1				00h	
LED_A0_AEU2_T34	0F8h	R/W	led_a0_aeu2_t4				led_a0_aeu2_t3				00h	
LED_A0_AEU2_Playback	0F9h	R/W	保留							LED_a0_aeu2_pt		00h
LED_A0_AEU3_PWM_1	0FAh	R/W	led_a0_aeu3_pwm1								00h	
LED_A0_AEU3_PWM_2	0FBh	R/W	led_a0_aeu3_pwm2								00h	
LED_A0_AEU3_PWM_3	0FCh	R/W	led_a0_aeu3_pwm3								00h	
LED_A0_AEU3_PWM_4	0FDh	R/W	led_a0_aeu3_pwm4								00h	
LED_A0_AEU3_PWM_5	0FEh	R/W	led_a0_aeu3_pwm5								00h	
LED_A0_AEU3_T12	0FFh	R/W	led_a0_aeu3_t2				led_a0_aeu3_t1				00h	
LED_A0_AEU3_T34	100h	R/W	led_a0_aeu3_t4				led_a0_aeu3_t3				00h	
LED_A0_AEU3_Playback	101h	R/W	保留							LED_a0_aeu3_pt		00h
LED_A1 自主动画寄存器												
LED_A1_Auto_Pause	102h	R/W	led_a1_pause_start				led_a1_pause_stop				00h	
LED_A1_Auto_Playback	103h	R/W	保留		led_a1_aeu_num		led_a1_pt				00h	
LED_A1_AEU1_PWM_1	104h	R/W	led_a1_aeu1_pwm1								00h	
LED_A1_AEU1_PWM_2	105h	R/W	led_a1_aeu1_pwm2								00h	
LED_A1_AEU1_PWM_3	106h	R/W	led_a1_aeu1_pwm3								00h	
LED_A1_AEU1_PWM_4	107h	R/W	led_a1_aeu1_pwm4								00h	

LP5813

ZHCSPA0C - SEPTEMBER 2023 - REVISED FEBRUARY 2025

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
LED_A1_AEU1_PWM_5	108h	R/W	led_a1_aeu1_pwm5								00h
LED_A1_AEU1_T12	109h	R/W	led_a1_aeu1_t2				led_a1_aeu1_t1				00h
LED_A1_AEU1_T34	10Ah	R/W	led_a1_aeu1_t4				led_a1_aeu1_t3				00h
LED_A1_AEU1_Playback	10Bh	R/W	保留						led_a1_aeu1_pt		00h
LED_A1_AEU2_PWM_1	10Ch	R/W	led_a1_aeu2_pwm1								00h
LED_A1_AEU2_PWM_2	10Dh	R/W	led_a1_aeu2_pwm2								00h
LED_A1_AEU2_PWM_3	10Eh	R/W	led_a1_aeu2_pwm3								00h
LED_A1_AEU2_PWM_4	10Fh	R/W	led_a1_aeu2_pwm4								00h
LED_A1_AEU2_PWM_5	110h	R/W	led_a1_aeu2_pwm5								00h
LED_A1_AEU2_T12	111h	R/W	led_a1_aeu2_t2				led_a1_aeu2_t1				00h
LED_A1_AEU2_T34	112h	R/W	led_a1_aeu2_t4				led_a1_aeu2_t3				00h
LED_A1_AEU2_Playback	113h	R/W	保留						led_a1_aeu2_pt		00h
LED_A1_AEU3_PWM_1	114h	R/W	led_a1_aeu3_pwm1								00h
LED_A1_AEU3_PWM_2	115h	R/W	led_a1_aeu3_pwm2								00h
LED_A1_AEU3_PWM_3	116h	R/W	led_a1_aeu3_pwm3								00h
LED_A1_AEU3_PWM_4	117h	R/W	led_a1_aeu3_pwm4								00h
LED_A1_AEU3_PWM_5	118h	R/W	led_a1_aeu3_pwm5								00h
LED_A1_AEU3_T12	119h	R/W	led_a1_aeu3_t2				led_a1_aeu3_t1				00h
LED_A1_AEU3_T34	11Ah	R/W	led_a1_aeu3_t4				led_a1_aeu3_t3				00h
LED_A1_AEU3_Playback	11Bh	R/W	保留						led_a1_aeu3_pt		00h
LED_A2 自主动画寄存器											
LED_A2_Auto_Pause	11Ch	R/W	led_a2_pause_start				led_a2_pause_stop				00h
LED_A2_Auto_Playback	11Dh	R/W	保留		led_a2_aeu_num		led_a2_pt				00h
LED_A2_AEU1_PWM_1	11Eh	R/W	led_a2_aeu1_pwm1								00h
LED_A2_AEU1_PWM_2	11Fh	R/W	led_a2_aeu1_pwm2								00h
LED_A2_AEU1_PWM_3	120h	R/W	led_a2_aeu1_pwm3								00h
LED_A2_AEU1_PWM_4	121h	R/W	led_a2_aeu1_pwm4								00h
LED_A2_AEU1_PWM_5	122h	R/W	led_a2_aeu1_pwm5								00h
LED_A2_AEU1_T12	123h	R/W	led_a2_aeu1_t2				led_a2_aeu1_t1				00h
LED_A2_AEU1_T34	124h	R/W	led_a2_aeu1_t4				led_a2_aeu1_t3				00h

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值	
LED_A2_AEU1_Playback	125h	R/W	保留						led_a2_aeu1_pt		00h	
LED_A2_AEU2_PWM_1	126h	R/W	led_a2_aeu2_pwm1									00h
LED_A2_AEU2_PWM_2	127h	R/W	led_a2_aeu2_pwm2									00h
LED_A2_AEU2_PWM_3	128h	R/W	led_a2_aeu2_pwm3									00h
LED_A2_AEU2_PWM_4	129h	R/W	led_a2_aeu2_pwm4									00h
LED_A2_AEU2_PWM_5	12Ah	R/W	led_a2_aeu2_pwm5									00h
LED_A2_AEU2_T12	12Bh	R/W	led_a2_aeu2_t2				led_a2_aeu2_t1				00h	
LED_A2_AEU2_T34	12Ch	R/W	led_a2_aeu2_t4				led_a2_aeu2_t3				00h	
LED_A2_AEU2_Playback	12Dh	R/W	保留						led_a2_aeu2_pt		00h	
LED_A2_AEU3_PWM_1	12Eh	R/W	led_a2_aeu3_pwm1									00h
LED_A2_AEU3_PWM_2	12Fh	R/W	led_a2_aeu3_pwm2									00h
LED_A2_AEU3_PWM_3	130h	R/W	led_a2_aeu3_pwm3									00h
LED_A2_AEU3_PWM_4	131h	R/W	led_a2_aeu3_pwm4									00h
LED_A2_AEU3_PWM_5	132h	R/W	led_a2_aeu3_pwm5									00h
LED_A2_AEU3_T12	133h	R/W	led_a2_aeu3_t2				led_a2_aeu3_t1				00h	
LED_A2_AEU3_T34	134h	R/W	led_a2_aeu3_t4				led_a2_aeu3_t3				00h	
LED_A2_AEU3_Playback	135h	R/W	保留						led_a2_aeu3_pt		00h	
LED_B0 自主动画寄存器												
LED_B0_Auto_Pause	136h	R/W	led_b0_pause_start				led_b0_pause_stop				00h	
LED_B0_Auto_Playback	137h	R/W	保留		led_b0_aeu_num		led_b0_pt				00h	
LED_B0_AEU1_PWM_1	138h	R/W	led_b0_aeu1_pwm1									00h
LED_B0_AEU1_PWM_2	139h	R/W	led_b0_aeu1_pwm2									00h
LED_B0_AEU1_PWM_3	13Ah	R/W	led_b0_aeu1_pwm3									00h
LED_B0_AEU1_PWM_4	13Bh	R/W	led_b0_aeu1_pwm4									00h
LED_B0_AEU1_PWM_5	13Ch	R/W	led_b0_aeu1_pwm5									00h
LED_B0_AEU1_T12	13Dh	R/W	led_b0_aeu1_2				led_b0_aeu1_1				00h	
LED_B0_AEU1_T34	13Eh	R/W	led_b0_aeu1_4				led_b0_aeu1_3				00h	
LED_B0_AEU1_Playback	13Fh	R/W	保留						led_b0_aeu1_pt		00h	
LED_B0_AEU2_PWM_1	140h	R/W	led_b0_aeu2_pwm1									00h
LED_B0_AEU2_PWM_2	141h	R/W	led_b0_aeu2_pwm2									00h

LP5813

ZHCSPA0C - SEPTEMBER 2023 - REVISED FEBRUARY 2025

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
LED_B0_AEU2_PWM_3	142h	R/W	led_b0_aeu2_pwm3								00h
LED_B0_AEU2_PWM_4	143h	R/W	led_b0_aeu2_pwm4								00h
LED_B0_AEU2_PWM_5	144h	R/W	led_b0_aeu2_pwm5								00h
LED_B0_AEU2_T12	145h	R/W	led_b0_aeu2_2				led_b0_aeu2_1				00h
LED_B0_AEU2_T34	146h	R/W	led_b0_aeu2_4				led_b0_aeu2_3				00h
LED_B0_AEU2_Playback	147h	R/W	保留						led_b0_aeu2_pt		00h
LED_B0_AEU3_PWM_1	148h	R/W	led_b0_aeu3_pwm1								00h
LED_B0_AEU3_PWM_2	149h	R/W	led_b0_aeu3_pwm2								00h
LED_B0_AEU3_PWM_3	14Ah	R/W	led_b0_aeu3_pwm3								00h
LED_B0_AEU3_PWM_4	14Bh	R/W	led_b0_aeu3_pwm4								00h
LED_B0_AEU3_PWM_5	14Ch	R/W	led_b0_aeu3_pwm5								00h
LED_B0_AEU3_T12	14Dh	R/W	led_b0_aeu3_2				led_b0_aeu3_1				00h
LED_B0_AEU3_T34	14Eh	R/W	led_b0_aeu3_4				led_b0_aeu3_3				00h
LED_B0_AEU3_Playback	14Fh	R/W	保留						led_b0_aeu3_pt		00h
LED_B1 自动动画寄存器											
LED_B1_Auto_Pause	150h	R/W	led_b1_pause_start				led_b1_pause_stop				00h
LED_B1_Auto_Playback	151h	R/W	保留		led_b1_aeu_num		led_b1_pt				00h
LED_B1_AEU1_PWM_1	152h	R/W	led_b1_aeu1_pwm1								00h
LED_B1_AEU1_PWM_2	153h	R/W	led_b1_aeu1_pwm2								00h
LED_B1_AEU1_PWM_3	154h	R/W	led_b1_aeu1_pwm3								00h
LED_B1_AEU1_PWM_4	155h	R/W	led_b1_aeu1_pwm4								00h
LED_B1_AEU1_PWM_5	156h	R/W	led_b1_aeu1_pwm5								00h
LED_B1_AEU1_T12	157h	R/W	led_b1_aeu1_t2				led_b1_aeu1_t1				00h
LED_B1_AEU1_T34	158h	R/W	led_b1_aeu1_t4				led_b1_aeu1_t3				00h
LED_B1_AEU1_Playback	159h	R/W	保留						led_b1_aeu1_pt		00h
LED_B1_AEU2_PWM_1	15Ah	R/W	led_b1_aeu2_pwm1								00h
LED_B1_AEU2_PWM_2	15Bh	R/W	led_b1_aeu2_pwm2								00h
LED_B1_AEU2_PWM_3	15Ch	R/W	led_b1_aeu2_pwm3								00h
LED_B1_AEU2_PWM_4	15Dh	R/W	led_b1_aeu2_pwm4								00h
LED_B1_AEU2_PWM_5	15Eh	R/W	led_b1_aeu2_pwm5								00h

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值	
LED_B1_AEU2_T12	15Fh	R/W	led_b1_aeu2_t2				led_b1_aeu2_t1				00h	
LED_B1_AEU2_T34	160h	R/W	led_b1_aeu2_t4				led_b1_aeu2_t3				00h	
LED_B1_AEU2_Playback	161h	R/W	保留							led_b1_aeu2_pt		00h
LED_B1_AEU3_PWM_1	162h	R/W	led_b1_aeu3_pwm1									00h
LED_B1_AEU3_PWM_2	163h	R/W	led_b1_aeu3_pwm2									00h
LED_B1_AEU3_PWM_3	164h	R/W	led_b1_aeu3_pwm3									00h
LED_B1_AEU3_PWM_4	165h	R/W	led_b1_aeu3_pwm4									00h
LED_B1_AEU3_PWM_5	166h	R/W	led_b1_aeu3_pwm5									00h
LED_B1_AEU3_T12	167h	R/W	led_b1_aeu3_t2				led_b1_aeu3_t1				00h	
LED_B1_AEU3_T34	168h	R/W	led_b1_aeu3_t4				led_b1_aeu3_t3				00h	
LED_B1_AEU3_Playback	169h	R/W	保留							led_b1_aeu3_pt		00h
LED_B2 自主动画寄存器												
LED_B2_Auto_Pause	16Ah	R/W	led_b2_pause_start				led_b2_pause_stop				00h	
LED_B2_Auto_Playback	16Bh	R/W	保留		led_b2_aeu_num		led_b2_pt				00h	
LED_B2_AEU1_PWM_1	16Ch	R/W	led_b2_aeu1_pwm1									00h
LED_B2_AEU1_PWM_2	16Dh	R/W	led_b2_aeu1_pwm2									00h
LED_B2_AEU1_PWM_3	16Eh	R/W	led_b2_aeu1_pwm3									00h
LED_B2_AEU1_PWM_4	16Fh	R/W	led_b2_aeu1_pwm4									00h
LED_B2_AEU1_PWM_5	170h	R/W	led_b2_aeu1_pwm5									00h
LED_B2_AEU1_T12	171h	R/W	led_b2_aeu1_t2				led_b2_aeu1_t1				00h	
LED_B2_AEU1_T34	172h	R/W	led_b2_aeu1_t4				led_b2_aeu1_t3				00h	
LED_B2_AEU1_Playback	173h	R/W	保留							led_b2_aeu1_pt		00h
LED_B2_AEU2_PWM_1	174h	R/W	led_b2_aeu2_pwm1									00h
LED_B2_AEU2_PWM_2	175h	R/W	led_b2_aeu2_pwm2									00h
LED_B2_AEU2_PWM_3	176h	R/W	led_b2_aeu2_pwm3									00h
LED_B2_AEU2_PWM_4	177h	R/W	led_b2_aeu2_pwm4									00h
LED_B2_AEU2_PWM_5	178h	R/W	led_b2_aeu2_pwm5									00h
LED_B2_AEU2_T12	179h	R/W	led_b2_aeu2_t2				led_b2_aeu2_t1				00h	
LED_B2_AEU2_T34	17Ah	R/W	led_b2_aeu2_t4				led_b2_aeu2_t3				00h	
LED_B2_AEU2_Playback	17Bh	R/W	保留							led_b2_aeu2_pt		00h

LP5813

ZHCSPA0C - SEPTEMBER 2023 - REVISED FEBRUARY 2025

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
LED_B2_AEU3_PWM_1	17Ch	R/W	led_b2_aeu3_pwm1								00h
LED_B2_AEU3_PWM_2	17Dh	R/W	led_b2_aeu3_pwm2								00h
LED_B2_AEU3_PWM_3	17Eh	R/W	led_b2_aeu3_pwm3								00h
LED_B2_AEU3_PWM_4	17Fh	R/W	led_b2_aeu3_pwm4								00h
LED_B2_AEU3_PWM_5	180h	R/W	led_b2_aeu3_pwm5								00h
LED_B2_AEU3_T12	181h	R/W	led_b2_aeu3_t2				led_b2_aeu3_t1				00h
LED_B2_AEU3_T34	182h	R/W	led_b2_aeu3_t4				led_b2_aeu3_t3				00h
LED_B2_AEU3_Playback	183h	R/W	保留						led_b2_aeu3_pt		00h
LED_C0 自主动画寄存器											
LED_C0_Auto_Pause	184h	R/W	led_c0_pause_start				led_c0_pause_stop				00h
LED_C0_Auto_Playback	185h	R/W	保留		led_c0_aeu_num		led_c0_pt				00h
LED_C0_AEU1_PWM_1	186h	R/W	led_c0_aeu1_pwm1								00h
LED_C0_AEU1_PWM_2	187h	R/W	led_c0_aeu1_pwm2								00h
LED_C0_AEU1_PWM_3	188h	R/W	led_c0_aeu1_pwm3								00h
LED_C0_AEU1_PWM_4	189h	R/W	led_c0_aeu1_pwm4								00h
LED_C0_AEU1_PWM_5	18Ah	R/W	led_c0_aeu1_pwm5								00h
LED_C0_AEU1_T12	18Bh	R/W	led_c0_aeu1_t2				led_c0_aeu1_t1				00h
LED_C0_AEU1_T34	18Ch	R/W	led_c0_aeu1_t4				led_c0_aeu1_t3				00h
LED_C0_AEU1_Playback	18Dh	R/W	保留						led_c0_aeu1_pt		00h
LED_C0_AEU2_PWM_1	18Eh	R/W	led_c0_aeu2_pwm1								00h
LED_C0_AEU2_PWM_2	18Fh	R/W	led_c0_aeu2_pwm2								00h
LED_C0_AEU2_PWM_3	190h	R/W	led_c0_aeu2_pwm3								00h
LED_C0_AEU2_PWM_4	191h	R/W	led_c0_aeu2_pwm4								00h
LED_C0_AEU2_PWM_5	192h	R/W	led_c0_aeu2_pwm5								00h
LED_C0_AEU2_T12	193h	R/W	led_c0_aeu2_t2				led_c0_aeu2_t1				00h
LED_C0_AEU2_T34	194h	R/W	led_c0_aeu2_t4				led_c0_aeu2_t3				00h
LED_C0_AEU2_Playback	195h	R/W	保留						led_c0_aeu2_pt		00h
LED_C0_AEU3_PWM_1	196h	R/W	led_c0_aeu3_pwm1								00h
LED_C0_AEU3_PWM_2	197h	R/W	led_c0_aeu3_pwm2								00h
LED_C0_AEU3_PWM_3	198h	R/W	led_c0_aeu3_pwm3								00h

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
LED_C0_AEU3_PWM_4	199h	R/W	led_c0_aeu3_pwm4								00h
LED_C0_AEU3_PWM_5	19Ah	R/W	led_c0_aeu3_pwm5								00h
LED_C0_AEU3_T12	19Bh	R/W	led_c0_aeu3_t2				led_c0_aeu3_t1				00h
LED_C0_AEU3_T34	19Ch	R/W	led_c0_aeu3_t4				led_c0_aeu3_t3				00h
LED_C0_AEU3_Playback	19Dh	R/W	保留						led_c0_aeu3_pt		00h
LED_C1 自主动画寄存器											
LED_C1_Auto_Pause	19Eh	R/W	led_c1_pause_start				led_c1_pause_stop				00h
LED_C1_Auto_Playback	19Fh	R/W	保留		led_c1_aeu_num		led_c1_pt				00h
LED_C1_AEU1_PWM_1	1A0h	R/W	led_c1_aeu1_pwm1								00h
LED_C1_AEU1_PWM_2	1A1h	R/W	led_c1_aeu1_pwm2								00h
LED_C1_AEU1_PWM_3	1A2h	R/W	led_c1_aeu1_pwm3								00h
LED_C1_AEU1_PWM_4	1A3h	R/W	led_c1_aeu1_pwm4								00h
LED_C1_AEU1_PWM_5	1A4h	R/W	led_c1_aeu1_pwm5								00h
LED_C1_AEU1_T12	1A5h	R/W	led_c1_aeu1_t2				led_c1_aeu1_t1				00h
LED_C1_AEU1_T34	1A6h	R/W	led_c1_aeu1_t4				led_c1_aeu1_t3				00h
LED_C1_AEU1_Playback	1A7h	R/W	保留						led_c1_aeu1_pt		00h
LED_C1_AEU2_PWM_1	1A8h	R/W	led_c1_aeu2_pwm1								00h
LED_C1_AEU2_PWM_2	1A9h	R/W	led_c1_aeu2_pwm2								00h
LED_C1_AEU2_PWM_3	1AAh	R/W	led_c1_aeu2_pwm3								00h
LED_C1_AEU2_PWM_4	1ABh	R/W	led_c1_aeu2_pwm4								00h
LED_C1_AEU2_PWM_5	1ACh	R/W	led_c1_aeu2_pwm5								00h
LED_C1_AEU2_T12	1ADh	R/W	led_c1_aeu2_t2				led_c1_aeu2_t1				00h
LED_C1_AEU2_T34	1AEh	R/W	led_c1_aeu2_t4				led_c1_aeu2_t3				00h
LED_C1_AEU2_Playback	1AFh	R/W	保留						led_c1_aeu2_pt		00h
LED_C1_AEU3_PWM_1	1B0h	R/W	led_c1_aeu3_pwm1								00h
LED_C1_AEU3_PWM_2	1B1h	R/W	led_c1_aeu3_pwm2								00h
LED_C1_AEU3_PWM_3	1B2h	R/W	led_c1_aeu3_pwm3								00h
LED_C1_AEU3_PWM_4	1B3h	R/W	led_c1_aeu3_pwm4								00h
LED_C1_AEU3_PWM_5	1B4h	R/W	led_c1_aeu3_pwm5								00h
LED_C1_AEU3_T12	1B5h	R/W	led_c1_aeu3_t2				led_c1_aeu3_t1				00h

LP5813

ZHCSPA0C - SEPTEMBER 2023 - REVISED FEBRUARY 2025

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值	
LED_C1_AEU3_T34	1B6h	R/W	led_c1_aeu3_t4				led_c1_aeu3_t3				00h	
LED_C1_AEU3_Playback	1B7h	R/W	保留							led_c1_aeu3_pt		00h
LED_C2 自主动画寄存器												
LED_C2_Auto_Pause	1B8h	R/W	led_c2_pause_start				led_c2_pause_stop				00h	
LED_C2_Auto_Playback	1B9h	R/W	保留		led_c2_aeu_num		led_c2_pt				00h	
LED_C2_AEU1_PWM_1	1BAh	R/W	led_c2_aeu1_pwm1									00h
LED_C2_AEU1_PWM_2	1BBh	R/W	led_c2_aeu1_pwm2									00h
LED_C2_AEU1_PWM_3	1BCh	R/W	led_c2_aeu1_pwm3									00h
LED_C2_AEU1_PWM_4	1BDh	R/W	led_c2_aeu1_pwm4									00h
LED_C2_AEU1_PWM_5	1BEh	R/W	led_c2_aeu1_pwm5									00h
LED_C2_AEU1_T12	1BFh	R/W	led_c2_aeu1_t2				led_c2_aeu1_t1				00h	
LED_C2_AEU1_T34	1C0h	R/W	led_c2_aeu1_t4				led_c2_aeu1_t3				00h	
LED_C2_AEU1_Playback	1C1h	R/W	保留							led_c2_aeu1_pt		00h
LED_C2_AEU2_PWM_1	1C2h	R/W	led_c2_aeu2_pwm1									00h
LED_C2_AEU2_PWM_2	1C3h	R/W	led_c2_aeu2_pwm2									00h
LED_C2_AEU2_PWM_3	1C4h	R/W	led_c2_aeu2_pwm3									00h
LED_C2_AEU2_PWM_4	1C5h	R/W	led_c2_aeu2_pwm4									00h
LED_C2_AEU2_PWM_5	1C6h	R/W	led_c2_aeu2_pwm5									00h
LED_C2_AEU2_T12	1C7h	R/W	led_c2_aeu2_t2				led_c2_aeu2_t1				00h	
LED_C2_AEU2_T34	1C8h	R/W	led_c2_aeu2_t4				led_c2_aeu2_t3				00h	
LED_C2_AEU2_Playback	1C9h	R/W	保留							led_c2_aeu2_pt		00h
LED_C2_AEU3_PWM_1	1CAh	R/W	led_c2_aeu3_pwm1									00h
LED_C2_AEU3_PWM_2	1CBh	R/W	led_c2_aeu3_pwm2									00h
LED_C2_AEU3_PWM_3	1CCh	R/W	led_c2_aeu3_pwm3									00h
LED_C2_AEU3_PWM_4	1CDh	R/W	led_c2_aeu3_pwm4									00h
LED_C2_AEU3_PWM_5	1CEh	R/W	led_c2_aeu3_pwm5									00h
LED_C2_AEU3_T12	1CFh	R/W	led_c2_aeu3_t2				led_c2_aeu3_t1				00h	
LED_C2_AEU3_T34	1D0h	R/W	led_c2_aeu3_t4				led_c2_aeu3_t3				00h	
LED_C2_AEU3_Playback	1D1h	R/W	保留							led_c2_aeu3_pt		00h
LED_D0 自主动画寄存器												

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
LED_D0_Auto_Pause	1D2h	R/W	led_d0_pause_start				led_d0_pause_stop				00h
LED_D0_Auto_Playback	1D3h	R/W	保留		led_d0_aeu_num		led_d0_pt				00h
LED_D0_AEU1_PWM_1	1D4h	R/W	led_d0_aeu1_pwm1								00h
LED_D0_AEU1_PWM_2	1D5h	R/W	led_d0_aeu1_pwm2								00h
LED_D0_AEU1_PWM_3	1D6h	R/W	led_d0_aeu1_pwm3								00h
LED_D0_AEU1_PWM_4	1D7h	R/W	led_d0_aeu1_pwm4								00h
LED_D0_AEU1_PWM_5	1D8h	R/W	led_d0_aeu1_pwm5								00h
LED_D0_AEU1_T12	1D9h	R/W	led_d0_aeu1_t2				led_d0_aeu1_t1				00h
LED_D0_AEU1_T34	1DAh	R/W	led_d0_aeu1_t4				led_d0_aeu1_t3				00h
LED_D0_AEU1_Playback	1DBh	R/W	保留						led_d0_aeu1_pt		00h
LED_D0_AEU2_PWM_1	1DCh	R/W	led_d0_aeu2_pwm1								00h
LED_D0_AEU2_PWM_2	1DDh	R/W	led_d0_aeu2_pwm2								00h
LED_D0_AEU2_PWM_3	1DEh	R/W	led_d0_aeu2_pwm3								00h
LED_D0_AEU2_PWM_4	1DFh	R/W	led_d0_aeu2_pwm4								00h
LED_D0_AEU2_PWM_5	1E0h	R/W	led_d0_aeu2_pwm5								00h
LED_D0_AEU2_T12	1E1h	R/W	led_d0_aeu2_t2				led_d0_aeu2_t1				00h
LED_D0_AEU2_T34	1E2h	R/W	led_d0_aeu2_t4				led_d0_aeu2_t3				00h
LED_D0_AEU2_Playback	1E3h	R/W	保留						led_d0_aeu2_pt		00h
LED_D0_AEU3_PWM_1	1E4h	R/W	led_d0_aeu3_pwm1								00h
LED_D0_AEU3_PWM_2	1E5h	R/W	led_d0_aeu3_pwm2								00h
LED_D0_AEU3_PWM_3	1E6h	R/W	led_d0_aeu3_pwm3								00h
LED_D0_AEU3_PWM_4	1E7h	R/W	led_d0_aeu3_pwm4								00h
LED_D0_AEU3_PWM_5	1E8h	R/W	led_d0_aeu3_pwm5								00h
LED_D0_AEU3_T12	1E9h	R/W	led_d0_aeu3_t2				led_d0_aeu3_t1				00h
LED_D0_AEU3_T34	1EAh	R/W	led_d0_aeu3_t4				led_d0_aeu3_t3				00h
LED_D0_AEU3_Playback	1EBh	R/W	保留						led_d0_aeu3_pt		00h
LED_D1 自主动画寄存器											
LED_D1_Auto_Pause	1ECh	R/W	led_d1_pause_start				led_d1_pause_stop				00h
LED_D1_Auto_Playback	1EDh	R/W	保留		led_d1_aeu_num		led_d1_pt				00h
LED_D1_AEU1_PWM_1	1EEh	R/W	led_d1_aeu1_pwm1								00h

LP5813

ZHCSPA0C - SEPTEMBER 2023 - REVISED FEBRUARY 2025

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
LED_D1_AEU1_PW M_2	1EFh	R/W	led_d1_aeu1_pwm2								00h
LED_D1_AEU1_PW M_3	1F0h	R/W	led_d1_aeu1_pwm3								00h
LED_D1_AEU1_PW M_4	1F1h	R/W	led_d1_aeu1_pwm4								00h
LED_D1_AEU1_PW M_5	1F2h	R/W	led_d1_aeu1_pwm5								00h
LED_D1_AEU1_T12	1F3h	R/W	led_d1_aeu1_t2				led_d1_aeu1_t1				00h
LED_D1_AEU1_T34	1F4h	R/W	led_d1_aeu1_t4				led_d1_aeu1_t3				00h
LED_D1_AEU1_Pla yback	1F5h	R/W	保留						led_d1_aeu1_pt		00h
LED_D1_AEU2_PW M_1	1F6h	R/W	led_d1_aeu2_pwm1								00h
LED_D1_AEU2_PW M_2	1F7h	R/W	led_d1_aeu2_pwm2								00h
LED_D1_AEU2_PW M_3	1F8h	R/W	led_d1_aeu2_pwm3								00h
LED_D1_AEU2_PW M_4	1F9h	R/W	led_d1_aeu2_pwm4								00h
LED_D1_AEU2_PW M_5	1FAh	R/W	led_d1_aeu2_pwm5								00h
LED_D1_AEU2_T12	1FBh	R/W	led_d1_aeu2_t2				led_d1_aeu2_t1				00h
LED_D1_AEU2_T34	1FCh	R/W	led_d1_aeu2_t4				led_d1_aeu2_t3				00h
LED_D1_AEU2_Pla yback	1FDh	R/W	保留						led_d1_aeu2_pt		00h
LED_D1_AEU3_PW M_1	1FEh	R/W	led_d1_aeu3_pwm1								00h
LED_D1_AEU3_PW M_2	1FFh	R/W	led_d1_aeu3_pwm2								00h
LED_D1_AEU3_PW M_3	200h	R/W	led_d1_aeu3_pwm3								00h
LED_D1_AEU3_PW M_4	201h	R/W	led_d1_aeu3_pwm4								00h
LED_D1_AEU3_PW M_5	202h	R/W	led_d1_aeu3_pwm5								00h
LED_D1_AEU3_T12	203h	R/W	led_d1_aeu3_t2				led_d1_aeu3_t1				00h
LED_D1_AEU3_T34	204h	R/W	led_d1_aeu3_t4				led_d1_aeu3_t3				00h
LED_D1_AEU3_Pla yback	205h	R/W	保留						led_d1_aeu3_pt		00h
LED_D2 自主动画寄存器											
LED_D2_Auto_Pau se	206h	R/W	led_d2_pause_start				led_d2_pause_stop				00h
LED_D2_Auto_Play back	207h	R/W	保留		led_d2_aeu_num		led_d2_pt				00h
LED_D2_AEU1_PW M_1	208h	R/W	led_d2_aeu1_pwm1								00h
LED_D2_AEU1_PW M_2	209h	R/W	led_d2_aeu1_pwm2								00h
LED_D2_AEU1_PW M_3	20Ah	R/W	led_d2_aeu1_pwm3								00h
LED_D2_AEU1_PW M_4	20Bh	R/W	led_d2_aeu1_pwm4								00h

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值	
LED_D2_AEU1_PWM_5	20Ch	R/W	led_d2_aeu1_pwm5								00h	
LED_D2_AEU1_T12	20Dh	R/W	led_d2_aeu1_t2					led_d2_aeu1_t1				00h
LED_D2_AEU1_T34	20Eh	R/W	led_d2_aeu1_t4					led_d2_aeu1_t3				00h
LED_D2_AEU1_Pla yback	20Fh	R/W	保留							led_d2_aeu1_pt		00h
LED_D2_AEU2_PWM_1	210h	R/W	led_d2_aeu2_pwm1								00h	
LED_D2_AEU2_PWM_2	211h	R/W	led_d2_aeu2_pwm2								00h	
LED_D2_AEU2_PWM_3	212h	R/W	led_d2_aeu2_pwm3								00h	
LED_D2_AEU2_PWM_4	213h	R/W	led_d2_aeu2_pwm4								00h	
LED_D2_AEU2_PWM_5	214h	R/W	led_d2_aeu2_pwm5								00h	
LED_D2_AEU2_T12	215h	R/W	led_d2_aeu2_t2					led_d2_aeu2_t1				00h
LED_D2_AEU2_T34	216h	R/W	led_d2_aeu2_t4					led_d2_aeu2_t3				00h
LED_D2_AEU2_Pla yback	217h	R/W	保留							led_d2_aeu2_pt		00h
LED_D2_AEU3_PWM_1	218h	R/W	led_d2_aeu3_pwm1								00h	
LED_D2_AEU3_PWM_2	219h	R/W	led_d2_aeu3_pwm2								00h	
LED_D2_AEU3_PWM_3	21Ah	R/W	led_d2_aeu3_pwm3								00h	
LED_D2_AEU3_PWM_4	21Bh	R/W	led_d2_aeu3_pwm4								00h	
LED_D2_AEU3_PWM_5	21Ch	R/W	led_d2_aeu3_pwm5								00h	
LED_D2_AEU3_T12	21Dh	R/W	led_d2_aeu3_t2					led_d2_aeu3_t1				00h
LED_D2_AEU3_T34	21Eh	R/W	led_d2_aeu3_t4					led_d2_aeu3_t3				00h
LED_D2_AEU3_Pla yback	21Fh	R/W	保留							led_d2_aeu3_pt		00h
标志寄存器												
TSD_Config_Status	300h	R	保留							tsd_Status	config_er r_status	00h
LOD_Status_0	301h	R	lod_status_b0	lod_status_a2	lod_status_a1	lod_status_a0	lod_status_3	lod_status_2	lod_status_1	lod_status_0	00h	
LOD_Status_1	302h	R	lod_status_d0	lod_status_d1	lod_status_d0	lod_status_c2	lod_status_c1	lod_status_c0	lod_status_b2	lod_status_b1	00h	
LSD_Status_0	303h	R	lsd_status_b0	lsd_status_a2	lsd_status_a1	lsd_status_a0	lsd_status_3	lsd_status_2	lsd_status_1	lsd_status_0	00h	
LSD_Status_1	304h	R	lsd_status_d0	lsd_status_d1	lsd_status_d0	lsd_status_c2	lsd_status_c1	lsd_status_c0	lsd_status_b2	lsd_status_b1	00h	
Auto_PWM_0	305h	R	pwm_auto_0								00h	
Auto_PWM_1	306h	R	pwm_auto_1								00h	
Auto_PWM_2	307h	R	pwm_auto_2								00h	
Auto_PWM_3	308h	R	pwm_auto_3								00h	
Auto_PWM_4	309h	R	pwm_auto_a0								00h	
Auto_PWM_5	30Ah	R	pwm_auto_a1								00h	
Auto_PWM_6	30Bh	R	pwm_auto_a2								00h	

LP5813

ZHCSPA0C - SEPTEMBER 2023 - REVISED FEBRUARY 2025

寄存器缩写	地址	类型	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	默认值
Auto_PWM_7	30Ch	R	pwm_auto_b0								00h
Auto_PWM_8	30Dh	R	pwm_auto_b1								00h
Auto_PWM_9	30Eh	R	pwm_auto_b2								00h
Auto_PWM_10	30Fh	R	pwm_auto_c0								00h
Auto_PWM_11	310h	R	pwm_auto_c1								00h
Auto_PWM_12	311h	R	pwm_auto_c2								00h
Auto_PWM_13	312h	R	pwm_auto_d0								00h
Auto_PWM_14	313h	R	pwm_auto_d1								00h
Auto_PWM_15	314h	R	pwm_auto_d2								00h
AEP_Status_0	315h	R	保留		aep_status_1			aep_status_0			3Fh
AEP_Status_1	316h	R	保留		aep_status_3			aep_status_2			3Fh
AEP_Status_2	317h	R	保留		aep_status_a1			aep_status_a0			3Fh
AEP_Status_3	318h	R	保留		aep_status_b0			aep_status_a2			3Fh
AEP_Status_4	319h	R	保留		aep_status_b2			aep_status_b1			3Fh
AEP_Status_5	31Ah	R	保留		aep_status_c1			aep_status_c0			3Fh
AEP_Status_6	31Bh	R	保留		aep_status_d0			aep_status_c2			3Fh
AEP_Status_7	31Ch	R	保留		aep_status_d2			aep_status_d1			3Fh

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

9.1 应用信息

LP5813 是一款具有自主动画引擎控制功能的 12 LED 同步升压 RGB LED 驱动器。该器件非常适合支持输入电压范围为 0.5V 至 5.5V 的电池供电型应用。LP5813 在有源模式下的工作电流超低，LED 电流设置为 25mA 时仅消耗 0.4mA。在电池供电型应用（例如电子标签、耳塞、电子香烟、VR 耳机、RGB 鼠标、智能扬声器和其他手持设备）中，LP5813 非常适合以低功耗和小型封装提供优质 LED 照明效果。

9.2 典型应用

9.2.1 应用

图 9-1 显示了一个典型应用示例，该示例使用一个 LP5813 通过 I²C 通信驱动 RGB LED。

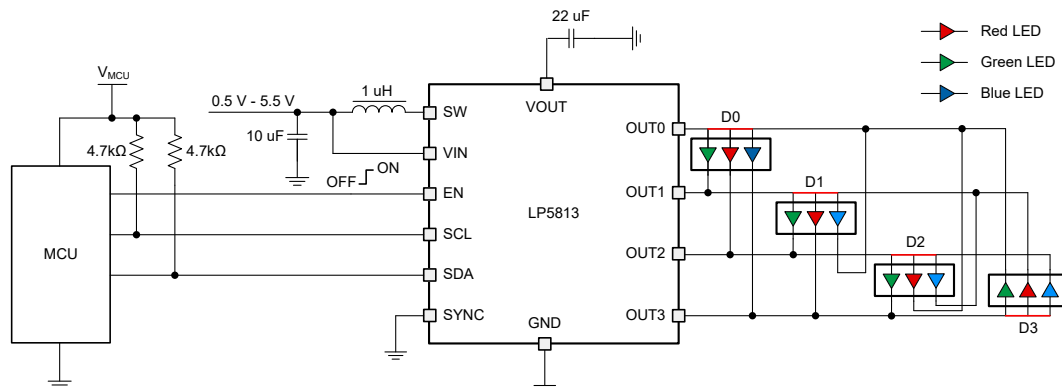


图 9-1. 典型应用 - LP5813 驱动 RGB LED

图 9-2 显示了一个不需要使用升压转换器的示例。直接为 VOUT 供电并将 EN 拉至低电平可以绕过集成升压转换器并运行 LED 驱动器块。

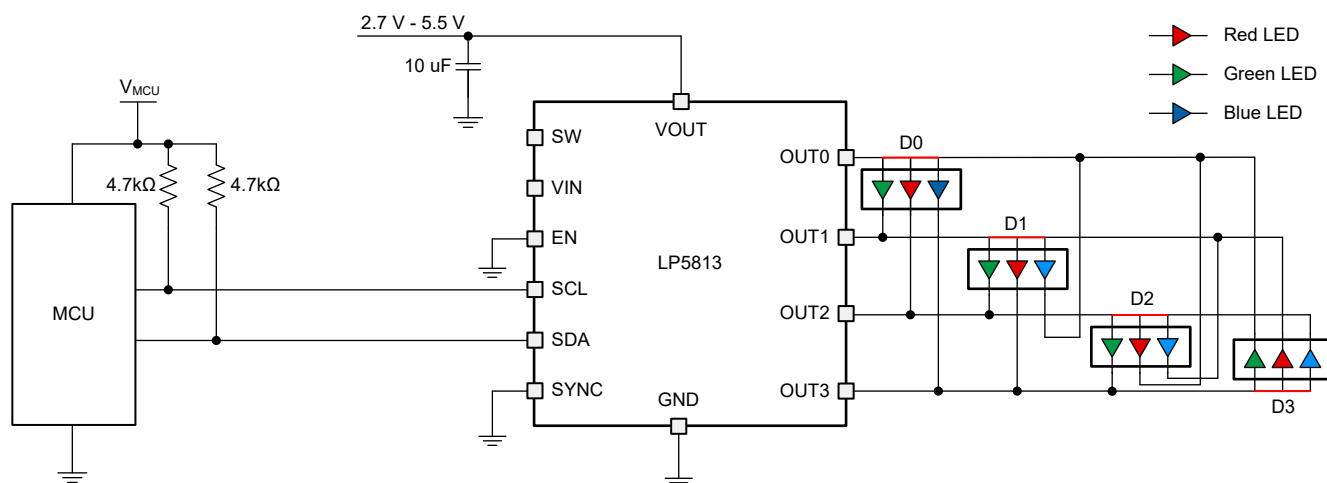


图 9-2. 典型应用 - LP5813 绕过升压转换器

图 9-3 显示了 2 个 LP5813 用于驱动 8 个 RGB LED (24 个 LED) 的连接。一个 LP5813 (器件 0) 可用作主要器件，为全部 8 个 RGB LED 提供升压电压；而另一个 LP5813 (器件 1) 可用作旁路升压转换器应用，以节省一个电感器。如果需要执行自主动画，为了避免两个器件之间长时间运行时的动画不匹配，需要将一个器件的 Dev_Config_11 寄存器中的“vsync_out_en”位设置为 1h，以便为另一个器件提供相同的时钟。

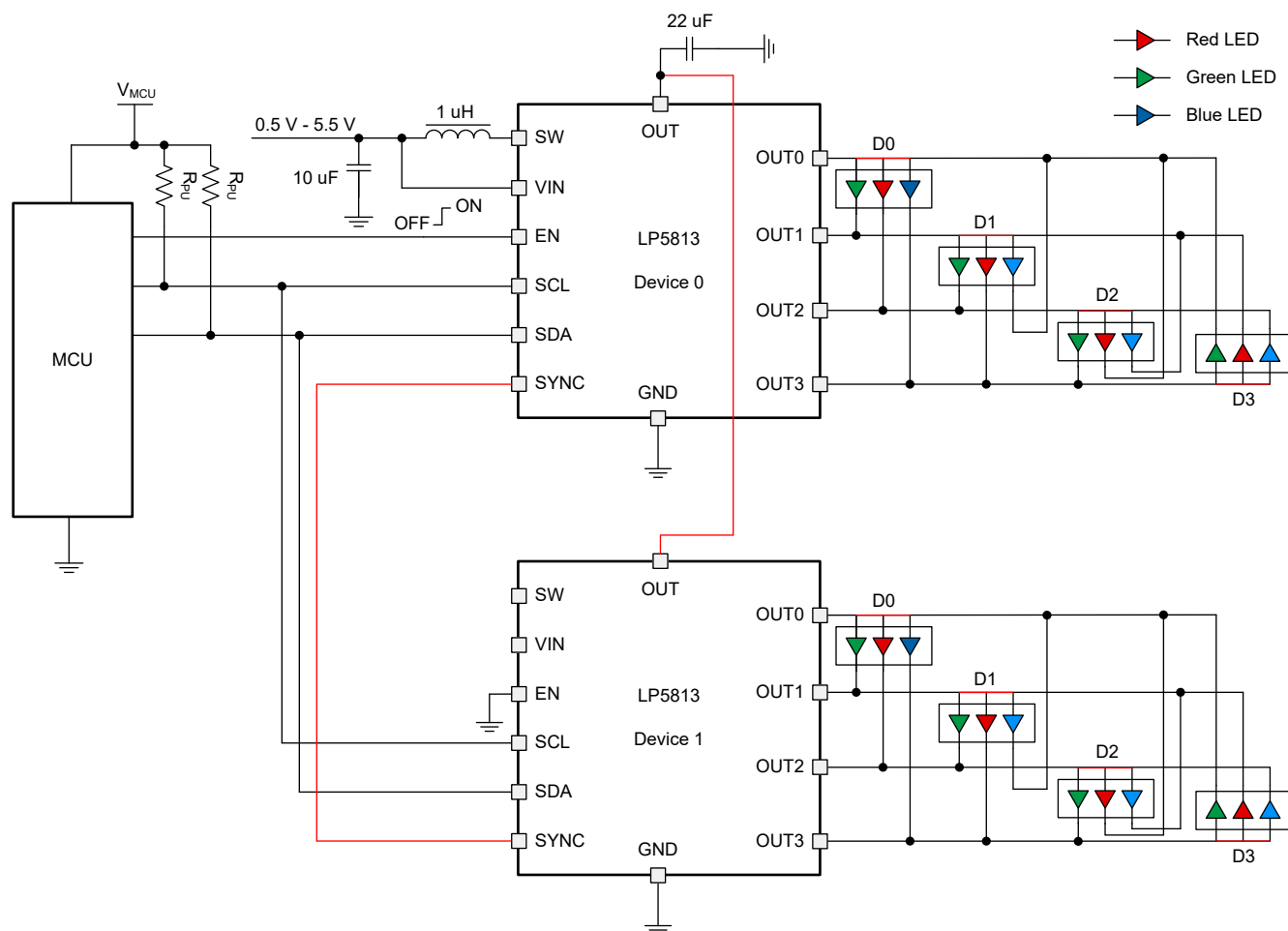


图 9-3. 典型应用 - 双 LP5813 应用示例

9.2.2 设计参数

设计参数表列出了图 9-1 的典型设计参数。

表 9-1. 设计参数

参数	值
输入电压	3.6V 至 4.2V (由一节锂电池供电)
输出电压	4.5V
电感器	1μH
输出电容器	22μF
RGB LED 数量	4
LED 最大平均电流 (红、绿、蓝)	12.75mA、10.2mA、10.2mA
LED 峰值电流 (红、绿、蓝)	51mA、40.8mA、40.8mA
LED PWM 频率	6kHz

不同颜色的 LED 按以下配置放置。

红色 LED : LED_A1、LED_B1、LED_C1、LED_D1

绿色 LED : LED_A0、LED_B0、LED_C0、LED_D0

蓝色 LED : LED_A2、LED_B2、LED_C2、LED_D2

9.2.3 详细设计过程

本节将展示 LP5813 的详细设计过程，包括升压元件选择、LED 驱动器手册和自主模式应用示例。

9.2.3.1 电感器选型

电感器是电源稳压器设计中最重要元件，它会影响稳态运行、瞬态行为和环路稳定性。有三种重要的电感器规格：电感值、饱和电流和直流电阻 (DCR)。

LP5813 中的集成升压转换器旨在使用 0.37μH 至 2.9μH 之间的电感值。建议在典型应用中使用 1μH。可以使用 [方程式 10](#) 计算出电感器峰值电流。使用应用的最小输入电压、最大输出电压和最大负载电流可计算出最坏情况。

在升压稳压器中，电感器直流电流可通过[方程式 8](#) 计算得出。

$$\Delta I_{L(DC)} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times \eta} \quad (8)$$

其中

- V_{OUT} 是升压转换器的输出电压
- I_{OUT} 是升压转换器的输出电流
- V_{IN} 是升压转换器的输入电压
- η 是电源转换效率，在大多数情况下使用 90%

电感器纹波电流通过[方程式 9](#) 计算得出。

$$\Delta I_{L(P-P)} = \frac{V_{IN} \times D}{L \times f_{SW}} \quad (9)$$

其中

- D 为占空比，可通过下式计算得出
- L 是电感器的电感值
- f_{SW} 是开关频率
- V_{IN} 是升压转换器的输入电压

因此，电感器峰值电流通过[方程式 10](#) 计算得出。

$$\Delta I_{L(P)} = \Delta I_{L(DC)} + \frac{\Delta I_{L(P-P)}}{2} \quad (10)$$

建议将电感器峰峰值电流设计为小于电感器平均电流的 40%，并采用最大输出电流设置。大电感值可降低电感器中的磁滞损耗，并通过小电感器纹波改善 EMI 性能，但负载瞬态响应时间也会增加。电感器的饱和电流必须大于计算出的峰值电感器电流。

9.2.3.2 输出电容器选型

选择输出电容器是为了满足输出纹波和环路稳定性的要求。纹波电压与电容器电容及等效串联电阻 (ESR) 相关。假设陶瓷电容器的 ESR 为零，给定纹波电压所需的最小电容可通过[方程式 11](#) 计算得出。

$$C_{OUT} = \frac{I_{OUT} \times D_{MAX}}{f_{SW} \times V_{RIPPLE}} \quad (11)$$

其中

- D_{MAX} 是最大开关占空比
- V_{RIPPLE} 是峰峰值输出纹波电压
- I_{OUT} 是最大输出电流
- f_{SW} 为开关频率

如果使用了钽或铝电解电容器，则必须考虑 ESR 对输出纹波的影响。由输出电容的 ESR 引起的输出峰峰值纹波电压可以通过[方程式 12](#) 计算得出。

$$V_{RIPPLE(ESR)} = I_{L(P)} \times R_{ESR} \quad (12)$$

在设计过程中，需要考虑直流偏置电压、老化和交流信号条件下陶瓷电容器的降额。例如，直流偏置电压会显著降低电容。陶瓷电容器在额定电压下可能会损失超过 50% 的电容。因此，必须留出足够的额定电压裕度，以确保在所需的输出电压下具有足够的电容。在 PWM 模式下，增大输出电容器可以使输出纹波电压更小。

TI 建议使用有效电容范围为 $4 \mu F$ 至 $1000 \mu F$ 的 X5R 或 X7R 陶瓷输出电容器。建议在典型应用中使用 $10 \mu F$ 有效电容，这意味着大约是 $22 \mu F$ 额定电容。如果输出电容器低于此范围，升压稳压器可能会变得不稳定。

9.2.3.3 输入电容器选型

因为多层 X5R 或 X7R 陶瓷电容器具有极低的 ESR 并采用小型封装，所以非常适合集成升压转换器的输入去耦。输入电容器必须尽可能靠近器件。虽然 $10 \mu F$ 输入电容器足以满足大多数应用的要求，但也可以使用大电容来减少输入电流纹波。当输入电源通过长导线供电且仅放置陶瓷电容器时，输出端的负载阶跃会在 VIN 引脚处引起振铃。这种振铃会耦合回输出并影响环路稳定性，甚至损坏器件。在这种情况下，在陶瓷输入电容器和电源之间放置额外的大容量电容（钽或铝电解电容器）可以减少振铃。

9.2.3.4 编程过程

VIN 上电后，可通过将 EN 拉至高电平来启用升压转换器。在升压输出和内部振荡器稳定大约 1ms 后，可在执行 I²C 从器件寻址后，配置 chip_en = 1 来初始化器件。然后，可以将 CONFIG 寄存器设置为例外配置。更新 CONFIG 寄存器后，必须发送一条更新命令才能使配置生效。可以为每个 LED 选择手动模式或自主模式。只有在收到更新命令后，新配置才会生效。

详细的编程过程如下所示：

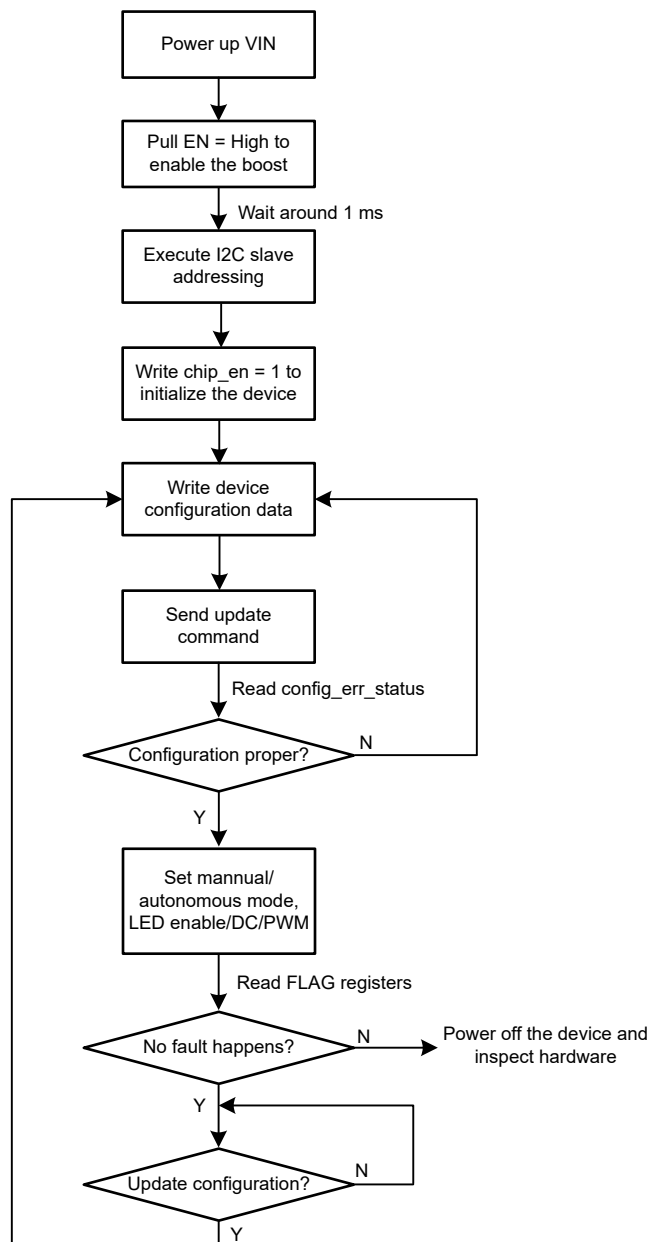


图 9-4. 编程过程

9.2.3.5 编程示例

要获取 节 9.2.2 中的设计参数，可参考以下编程步骤。

VIN 上电后，将 EN 拉至高电平，等待大约 1ms 后，即可启用升压转换器。

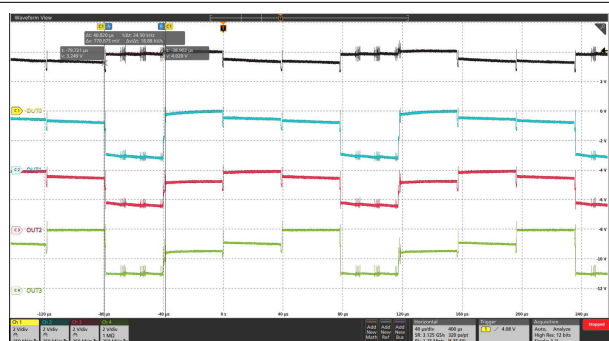
1. 执行 I²C 从器件寻址 (有关详细信息，请参阅[示例代码](#))
2. 设置 chip_en = 1，启用器件 (将 01h 写入寄存器 000h)
3. 设置 boost_vout = Fh 以设置 4.5V 升压输出电压，并设置 max_current = 1h 以设置 51mA 最大输出 LED 电流 (将 1Fh 写入寄存器 001h)
4. 设置 led_mode = 4h 以将 LED 驱动模式配置为 4 次扫描的扫描驱动模式 (将 40h 写入寄存器 002h)
5. 建议设置 lsd_threshold = 3h，以避免错误的 LSD 检测。(将 0Bh 写入寄存器 00Dh)

将 PWM 频率、扫描顺序、手动或自主模式、线性或指数调光曲线、相位对齐方法、vsync 模式、消隐时间、钳位设置为默认值 (在其他应用要求中，可以设置这些功能)。

6. 发送更新命令以完成配置设置 (将 55h 写入寄存器 010h)
7. 读回 config_err_status 以检查配置是否正确 (读取寄存器 300h)
8. 启用所有 12 个 LED (将 F0h 写入寄存器 020h，将 FFh 写入寄存器 021h)
9. 为红色 LED 设置 51mA 峰值电流 (将 FFh 写入寄存器 035h、038h、03Bh、03Eh)，为绿色和蓝色 LED 设置 40mA 峰值电流 (将 CCh 写入寄存器 034h、036h、037h、039h、03Ah、03Ch、03Dh、03Fh)
10. 设置 100% 占空比以点亮 LED (将 FFh 写入寄存器 044h - 04Fh)

9.2.4 应用性能曲线图

下图显示了应用性能图。

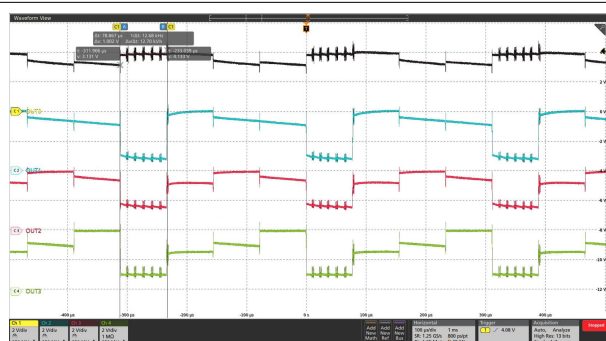


PWM 频率 = 24kHz

LED_A0/A1/A2 使
能

led_mode = 4h

图 9-5. OUT0、OUT1、OUT2、OUT3 的扫描线路和电
流阱波形

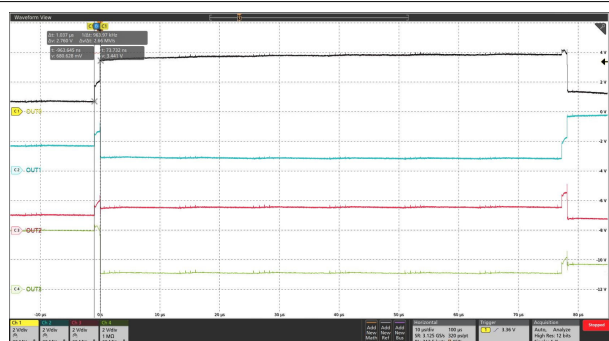


PWM 频率 = 12kHz

LED_A0/A1/A2 使
能

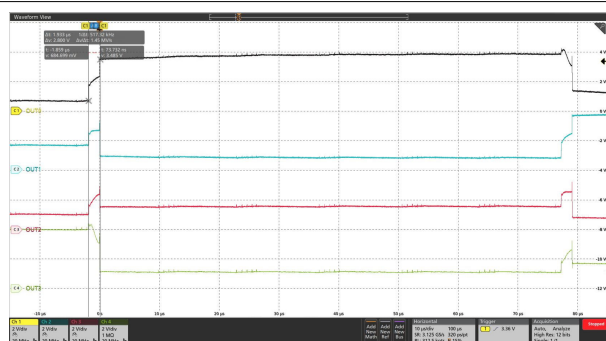
led_mode = 4h

图 9-6. OUT0、OUT1、OUT2、OUT3 的扫描线路和电
流阱波形



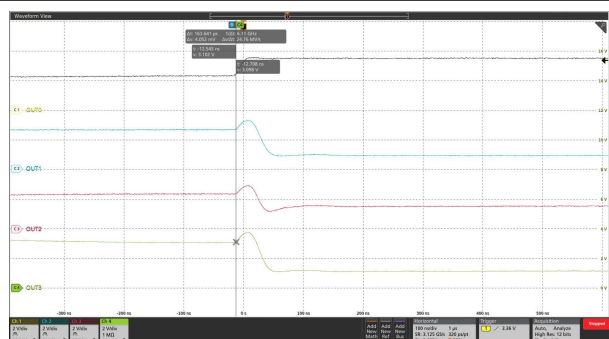
开关消隐时间 $t_{SW_BLK} = 1 \mu s$

图 9-7. OUT0、OUT1、OUT2、OUT3 的扫描线路开关
波形



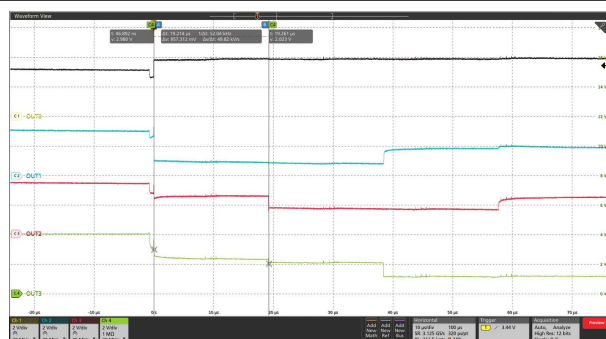
开关消隐时间 $t_{SW_BLK} = 2 \mu s$

图 9-8. OUT0、OUT1、OUT2、OUT3 的扫描线路开关
波形



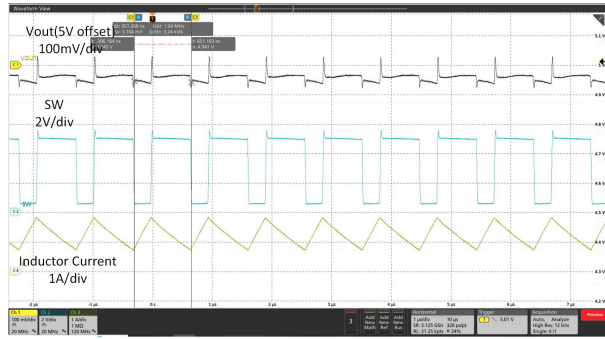
phase_align_a0 = 0h , phase_align_a1 = 0h ,
phase_align_a2 = 0h , PWM = 127

图 9-9. PWM 对齐已禁用



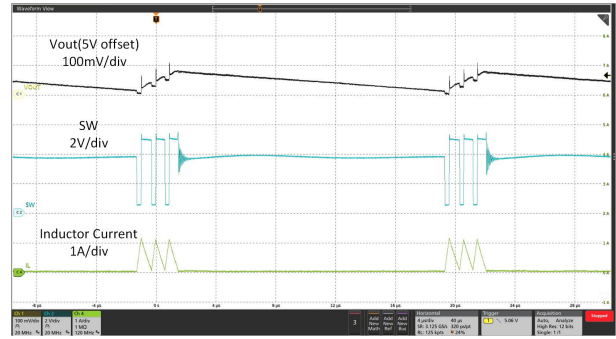
phase_align_a0 = 1h , phase_align_a1 = 2h ,
phase_align_a2 = 3h , PWM = 127

图 9-10. PWM 对齐已启用



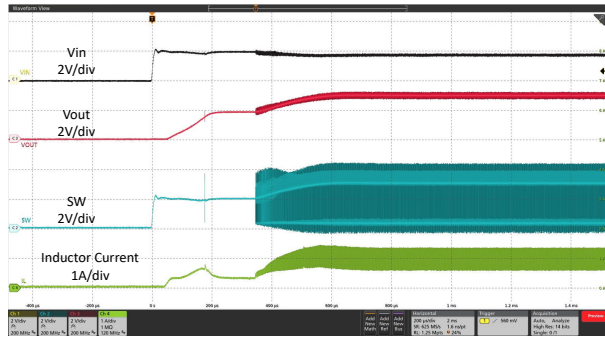
$V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 5V$, $I_{OUT} = 1A$

图 9-11. 重负载条件下的开关波形



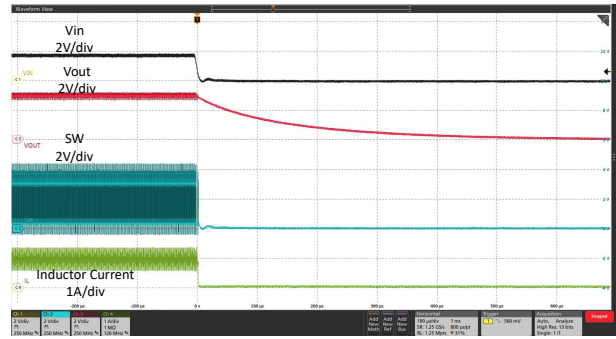
$V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 5V$, $I_{OUT} = 50mA$

图 9-12. 轻负载条件下的开关波形



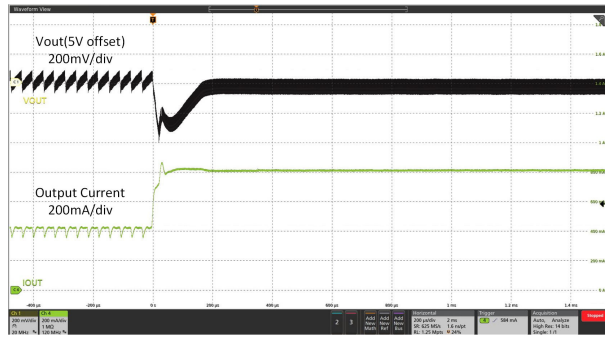
$V_{IN} = 2.0V$, $V_{OUT} = 3.3V$, 6.6Ω 电阻负载

图 9-13. 启动波形



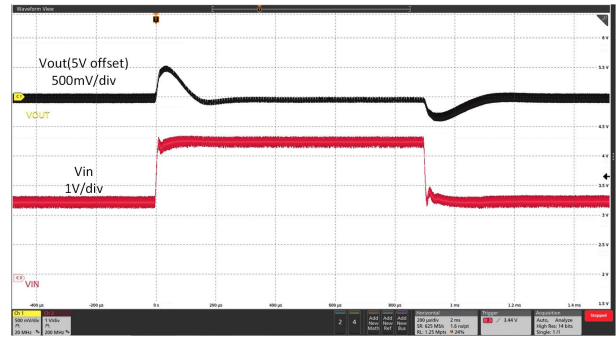
$V_{IN} = 2.0V$, $V_{OUT} = 3.3V$, 6.6Ω 电阻负载

图 9-14. 关断波形



$V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 5V$, $I_{OUT} = 400mA$ 至 $800mA$, $20\mu s$ 压摆率

图 9-15. 负载瞬态



$V_{IN} = 2.5V$ 至 $4.6V$, $20\mu s$ 压摆率, $V_{OUT} = 5V$, $I_{OUT} = 800mA$

图 9-16. 线路瞬态

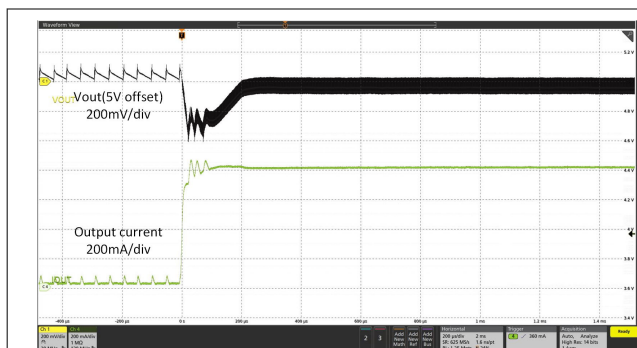

 $V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 5V$, $I_{OUT} = 0A$ 至 $800mA$ 扫描

图 9-17. 负载扫描

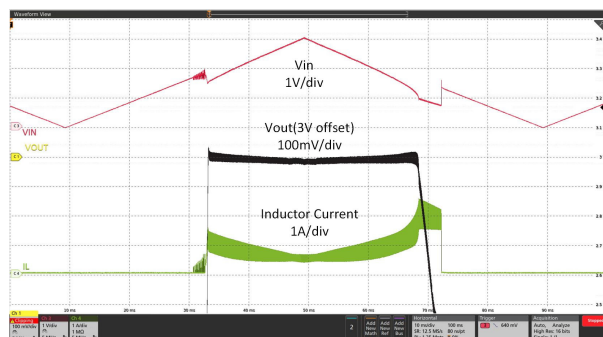

 $V_{IN} = 0V$ 至 $3V$ 扫描, $V_{OUT} = 3V$, 6.6Ω 电阻负载

图 9-18. 线路扫描

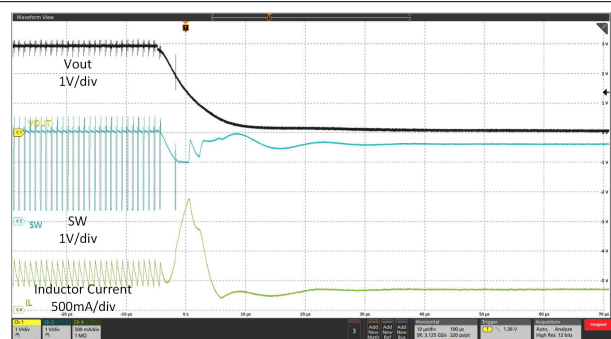

 $V_{IN} = 2.5V$, $V_{OUT} = 3V$, 6.6Ω 电阻负载

图 9-19. 输出短路保护 (进入)

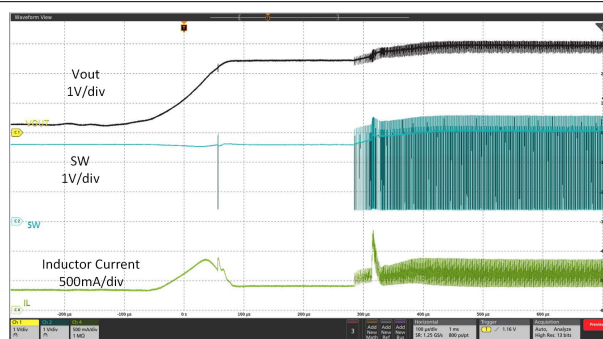

 $V_{IN} = 2.5V$, $V_{OUT} = 3V$, 6.6Ω 电阻负载

图 9-20. 输出短路保护 (恢复)

9.3 电源相关建议

该器件设计为可在 $0.5V$ 至 $5.5V$ 的输入电源电压范围内工作, 最小启动输入电压为 $1.8V$ 。该输入电源必须经过良好调节。如果输入电源距离转换器超过几英寸, 那么需要在陶瓷旁路电容器附近使用额外的大容量电容。通常, 选择容值为 $100\mu F$ 的钽或铝电解电容器。

9.4 布局

9.4.1 布局指南

对于所有开关电源, 尤其是以高开关频率和高电流运行的开关电源, 布局设计是一个重要的设计步骤。如果未仔细布局, 稳压器可能会出现不稳定和噪声问题。为了最大限度地提高效率, 开关上升和下降时间非常短。为了防止高频噪声 (例如 EMI) 辐射, 高频开关路径的正确布局至关重要。尽量减小连接到 SW 引脚的所有布线的长度和面积, 并始终在开关稳压器下方使用接地平面, 以最大限度地减少平面间耦合。输入电容器需要靠近 VIN 引脚和 GND 引脚, 以降低输入电源纹波。所有升压转换器最关键的电流路径是从开关 FET 开始, 经过整流器 FET, 然后是输出电容器, 再返回到开关 FET 的接地端。这个高电流路径包含纳秒级上升和下降时间, 必须尽可能短。因此, 输出电容器必须同时靠近 VOUT 引脚和 GND 引脚, 以减少 SW 引脚和 VOUT 引脚的过冲。对于 OUTx ($x = 0, 1, 2, 3$), 开关负载环路的低电感和电阻路径有助于提供高压摆率。因此, 相邻输出的路径一定要短而宽, 避免并联接线和窄布线。为了获得更好的热性能, TI 建议将与每个引脚连接的铜多边形做得更大。

9.4.2 布局示例

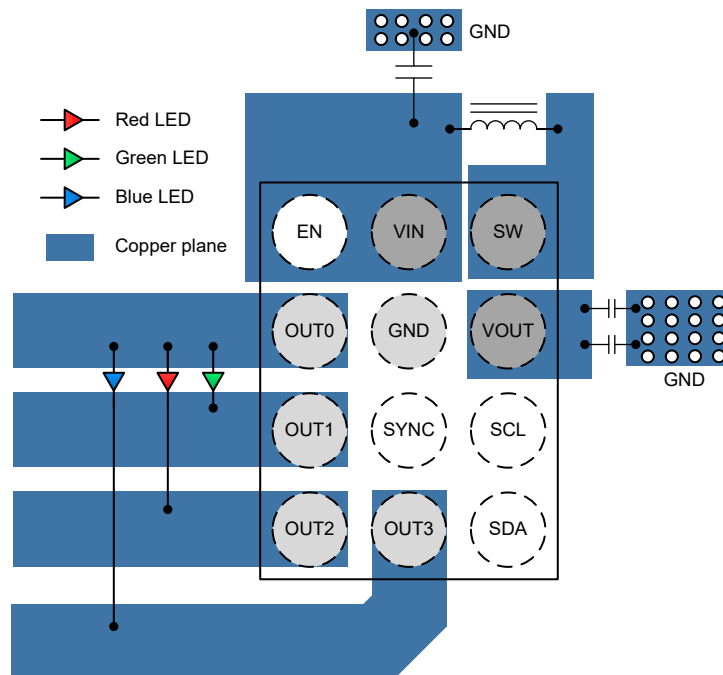


图 9-21. LP5813 DSBGA 封装布局示例

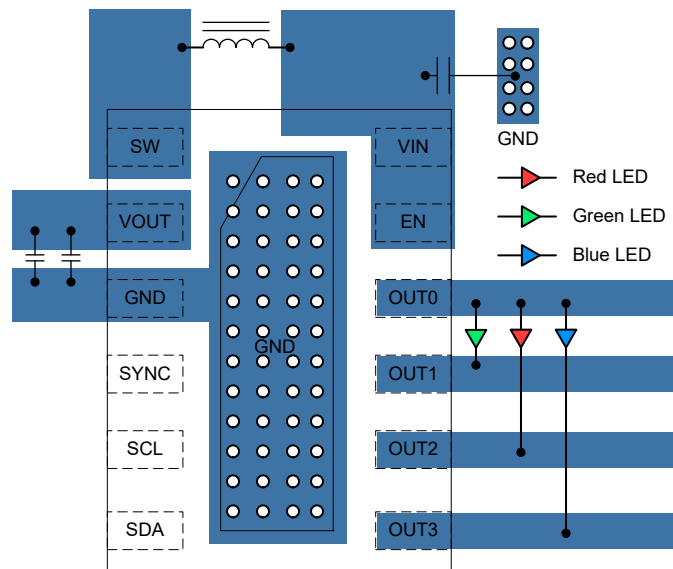


图 9-22. LP5813 WSON 封装布局示例

10 器件和文档支持

TI 提供大量的开发工具。下面列出了用于评估器件性能、生成代码和开发解决方案的工具和软件。

10.1 文档支持

10.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](https://www.ti.com) 上的器件产品文件夹。点击 [通知](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

10.3 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

10.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

10.5 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

10.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision B (December 2024) to Revision C (February 2025)	Page
• 向示例代码添加了 URL.....	52

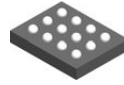
Changes from Revision A (July 2024) to Revision B (December 2024)	Page
• 添加了“引脚配置”部分.....	4
• 删除了建议的电感器表.....	50
• 更改了编程过程.....	52
• 更改了程序示例.....	52

Changes from Revision * (September 2023) to Revision A (July 2024)	Page
• 在“建议运行条件”中添加了 OUT0、OUT1、OUT2、OUT3、EN、SCL、SDA、SYNC 上的电压参数.....	6
• 在“热性能信息”表中添加了 LP5810/2 和 LP5813 WSON 信息.....	6
• 更新了“电气特性”表中的待机电流.....	6

• 添加了编程示例.....	52
----------------	--------------------

12 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

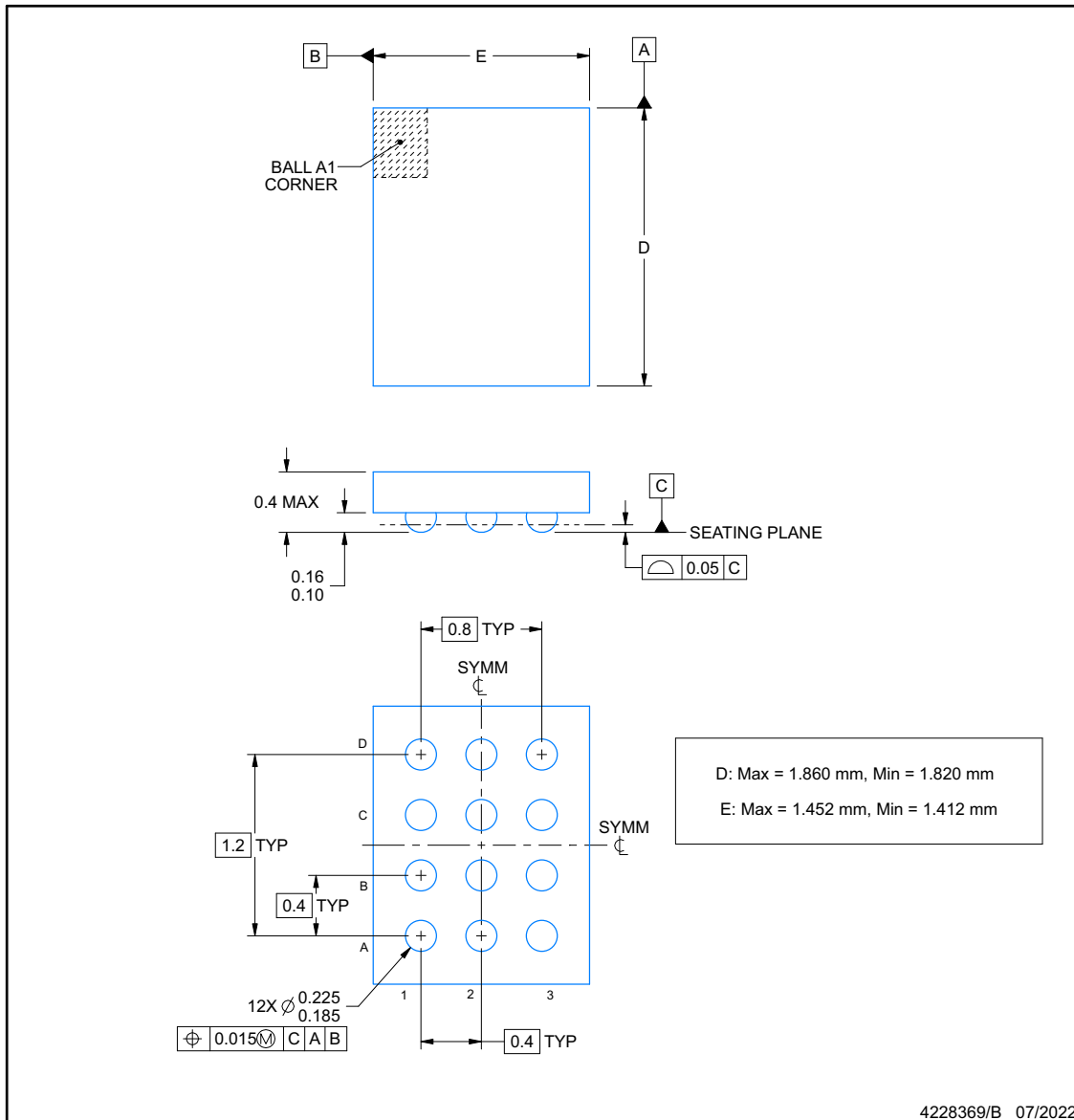


YBH0012-C01

PACKAGE OUTLINE

DSBGA - 0.4 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY

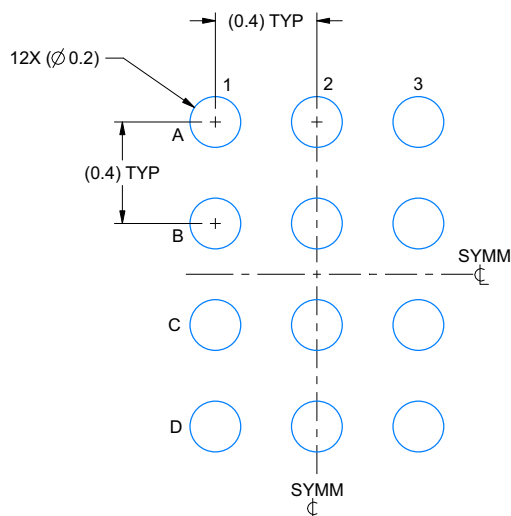


NOTES:

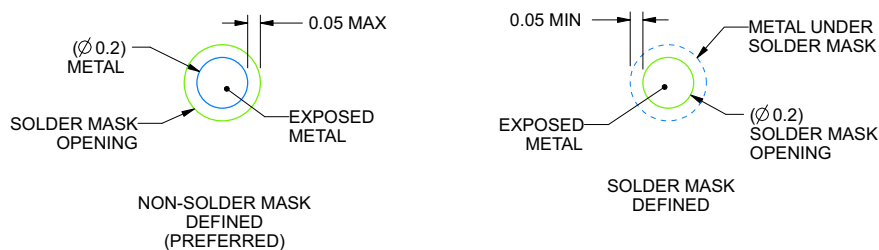
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT**YBH0012-C01****DSBGA - 0.4 mm max height**

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



LAND PATTERN EXAMPLE
 EXPOSED METAL SHOWN
 SCALE: 40X



SOLDER MASK DETAILS
 NOT TO SCALE

4228369/B 07/2022

NOTES: (continued)

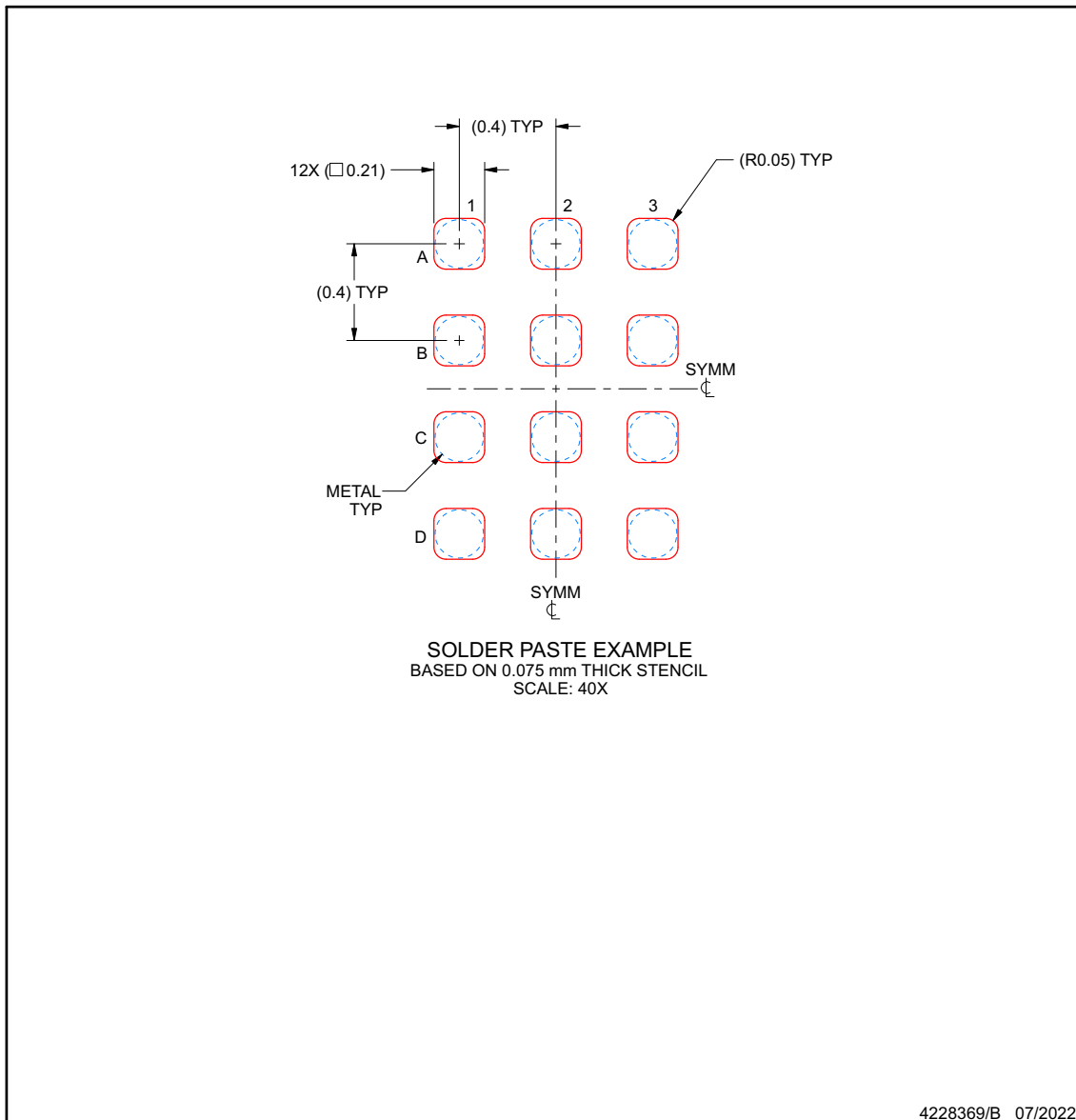
3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints.
 See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

YBH0012-C01

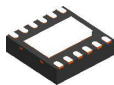
DSBGA - 0.4 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

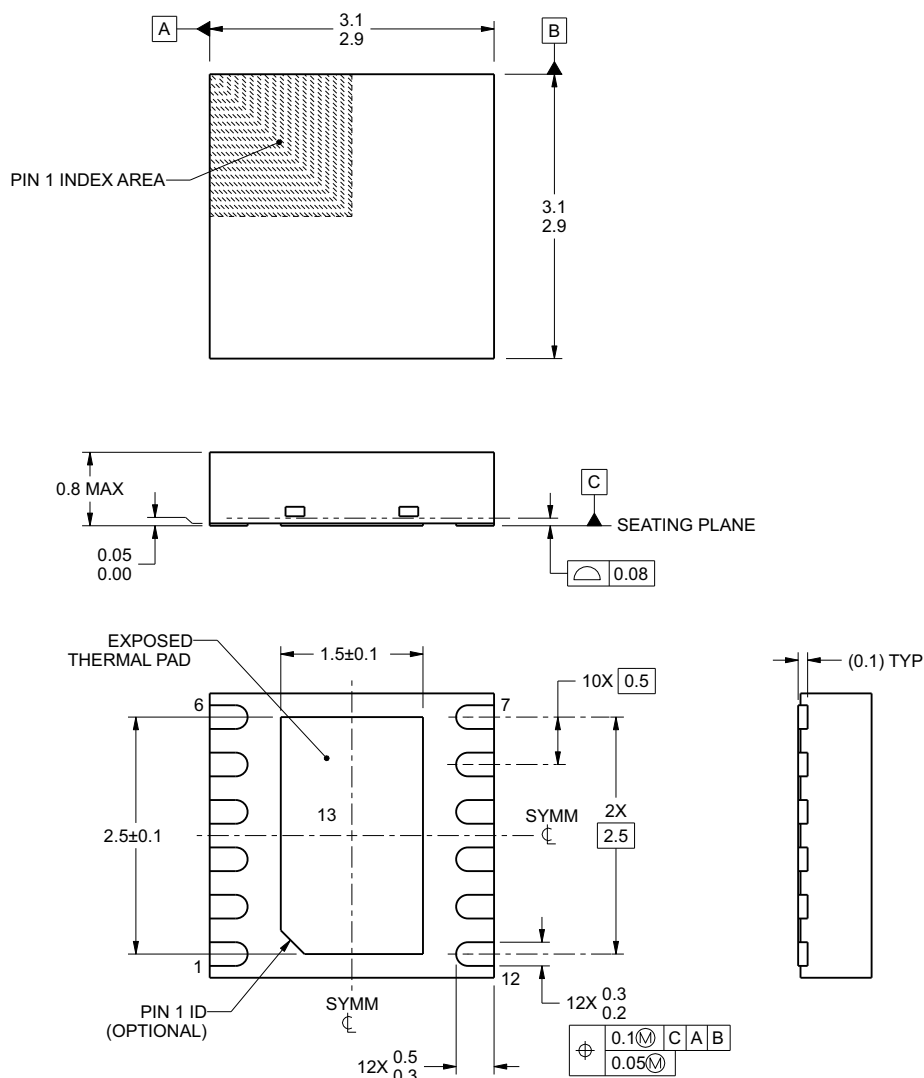


PACKAGE OUTLINE

DRR0012C

WSON - 0.8 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



4222932/A 05/2016

NOTES:

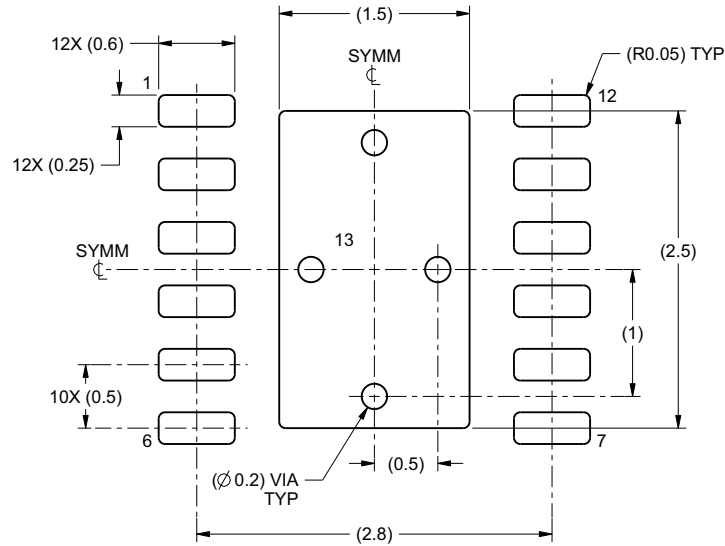
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

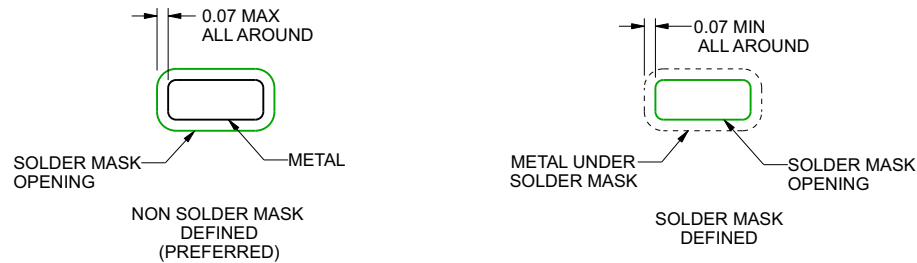
DRR0012C

WSN - 0.8 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:20X



SOLDER MASK DETAILS

4222932/A 05/2016

NOTES: (continued)

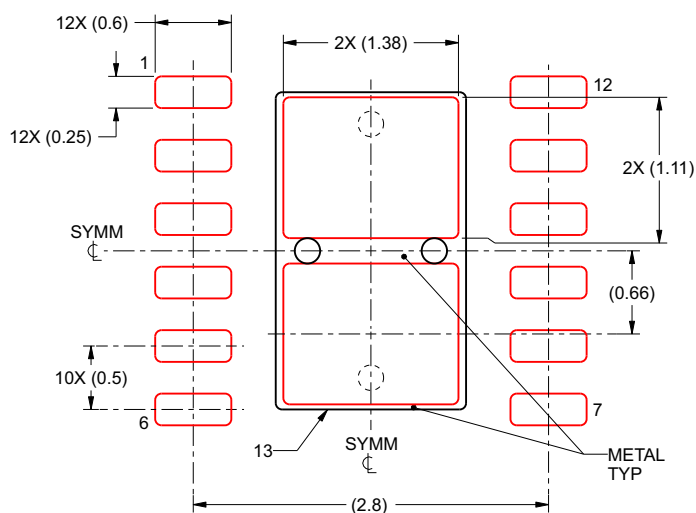
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DRR0012C

WSON - 0.8 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 13
81.7% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:20X

4222932/A 05/2016

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
LP5813AYBHR	Active	Production	DSBGA (YBH) 12	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813A
LP5813AYBHR.A	Active	Production	DSBGA (YBH) 12	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813A
LP5813BDRRR	Active	Production	WSO (DRR) 12	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813B
LP5813BDRRR.A	Active	Production	WSO (DRR) 12	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813B
LP5813BYBHR	Active	Production	DSBGA (YBH) 12	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813B
LP5813BYBHR.A	Active	Production	DSBGA (YBH) 12	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813B
LP5813CDRRR	Active	Production	WSO (DRR) 12	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813C
LP5813CDRRR.A	Active	Production	WSO (DRR) 12	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813C
LP5813CYBHR	Active	Production	DSBGA (YBH) 12	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813C
LP5813CYBHR.A	Active	Production	DSBGA (YBH) 12	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813C
LP5813DDRRR	Active	Production	WSO (DRR) 12	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813D
LP5813DDRRR.A	Active	Production	WSO (DRR) 12	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813D
LP5813DYBHR	Active	Production	DSBGA (YBH) 12	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813D
LP5813DYBHR.A	Active	Production	DSBGA (YBH) 12	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	5813D

(1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

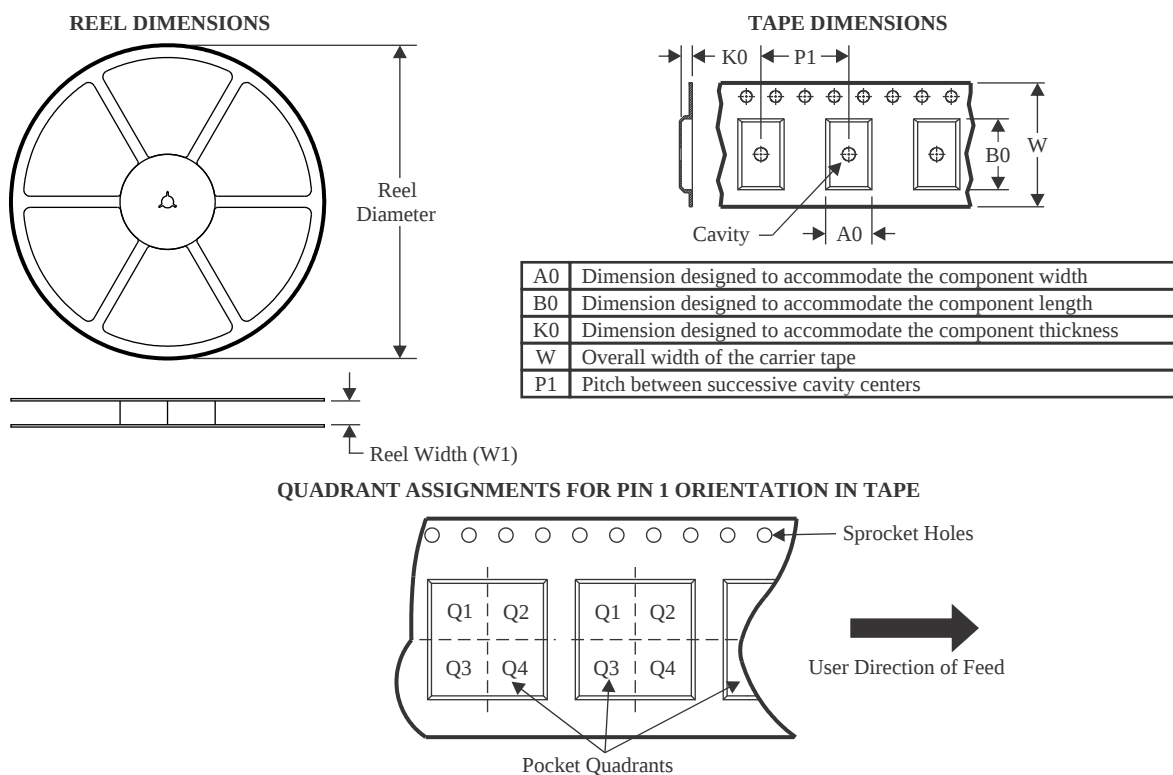
(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

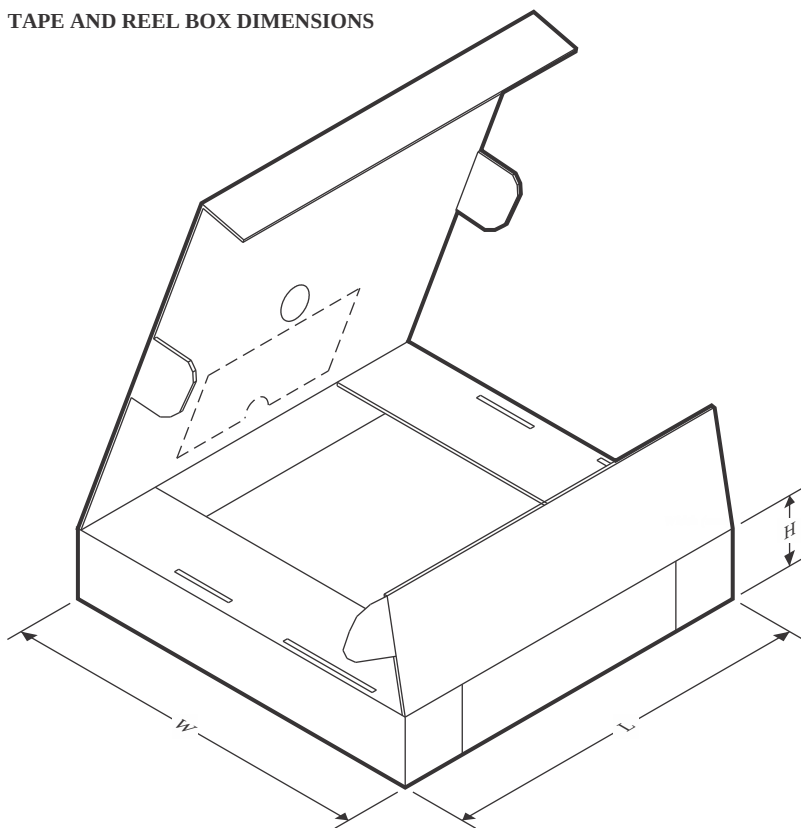
TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
LP5813AYBHR	DSBGA	YBH	12	3000	180.0	8.4	1.54	2.0	0.54	4.0	8.0	Q1
LP5813BDRRR	WSO	DRR	12	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
LP5813BYBHR	DSBGA	YBH	12	3000	180.0	8.4	1.54	2.0	0.54	4.0	8.0	Q1
LP5813CDRRR	WSO	DRR	12	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
LP5813CYBHR	DSBGA	YBH	12	3000	180.0	8.4	1.54	2.0	0.54	4.0	8.0	Q1
LP5813DDRRR	WSO	DRR	12	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
LP5813DYBHR	DSBGA	YBH	12	3000	180.0	8.4	1.54	2.0	0.54	4.0	8.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LP5813AYBHR	DSBGA	YBH	12	3000	182.0	182.0	20.0
LP5813BDRRR	WSON	DRR	12	3000	360.0	360.0	36.0
LP5813BYBHR	DSBGA	YBH	12	3000	182.0	182.0	20.0
LP5813CDRRR	WSON	DRR	12	3000	360.0	360.0	36.0
LP5813CYBHR	DSBGA	YBH	12	3000	182.0	182.0	20.0
LP5813DDRRR	WSON	DRR	12	3000	360.0	360.0	36.0
LP5813DYBHR	DSBGA	YBH	12	3000	182.0	182.0	20.0

GENERIC PACKAGE VIEW

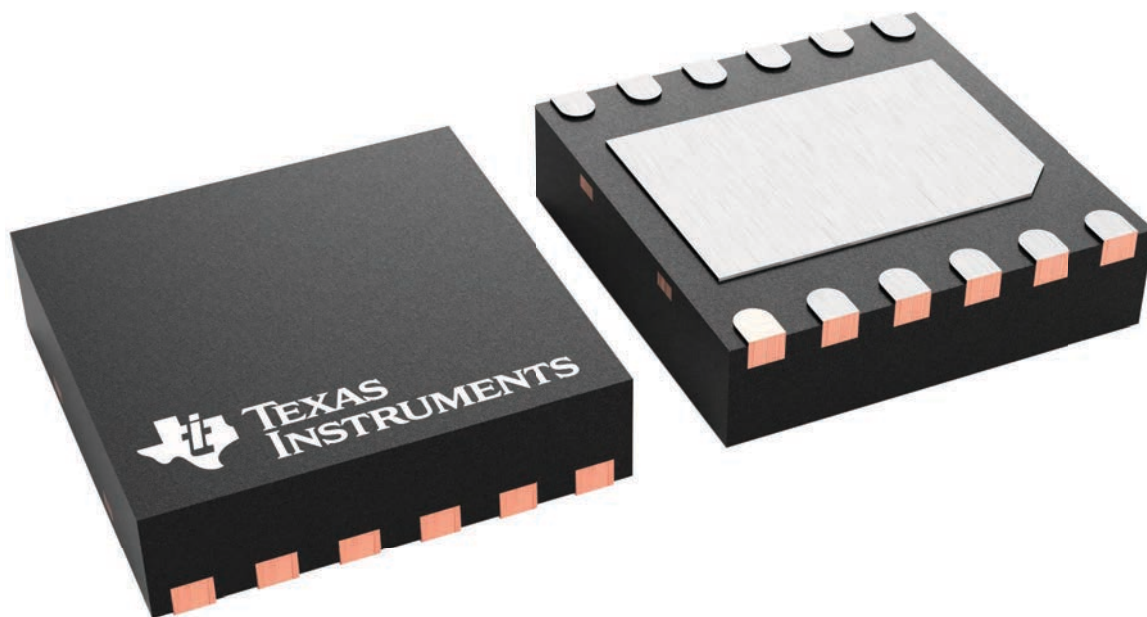
DRR 12

WSON - 0.8 mm max height

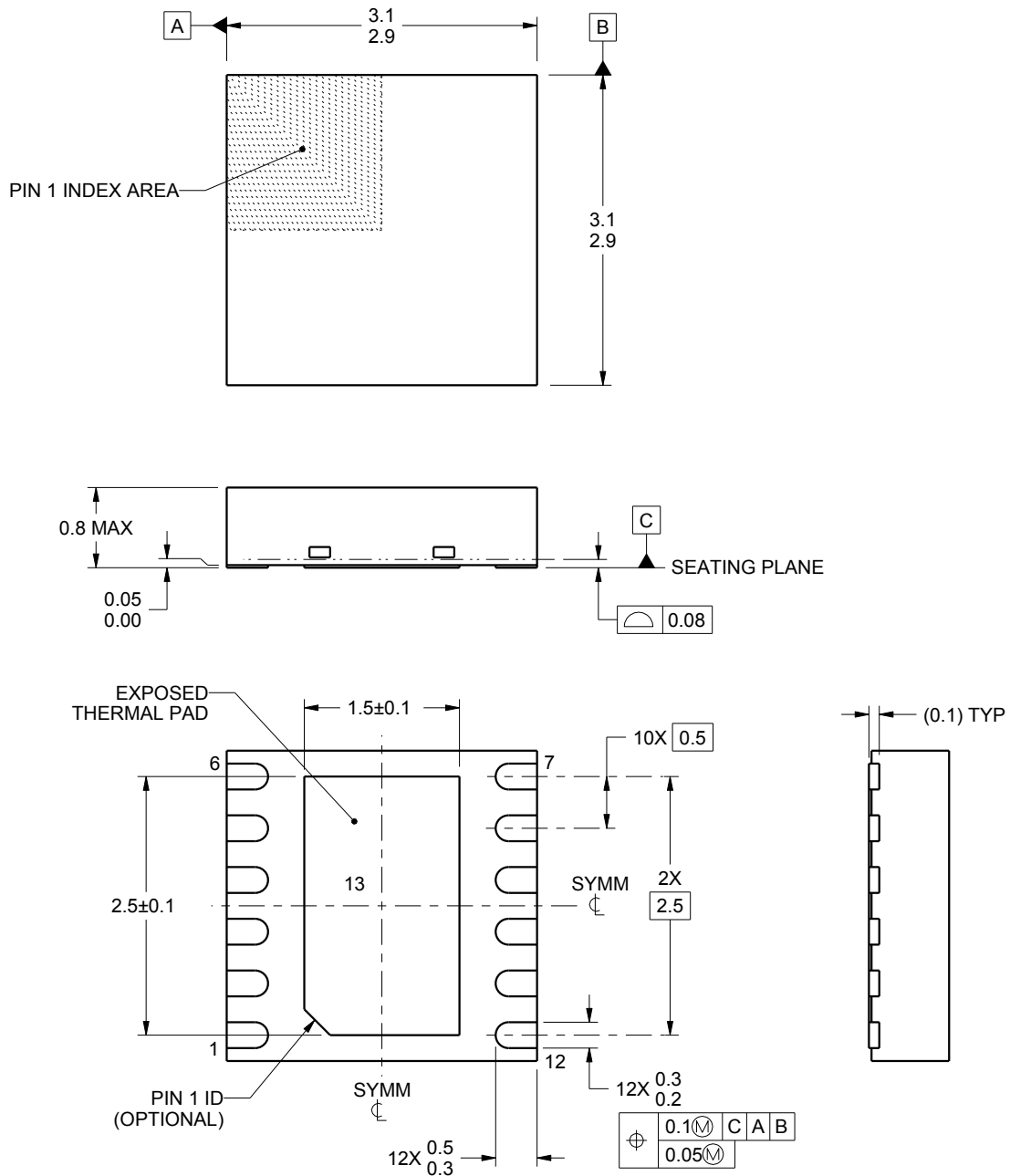
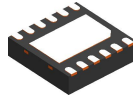
3 x 3, 0.5 mm pitch

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



4223490/B



4222932/A 05/2016

NOTES:

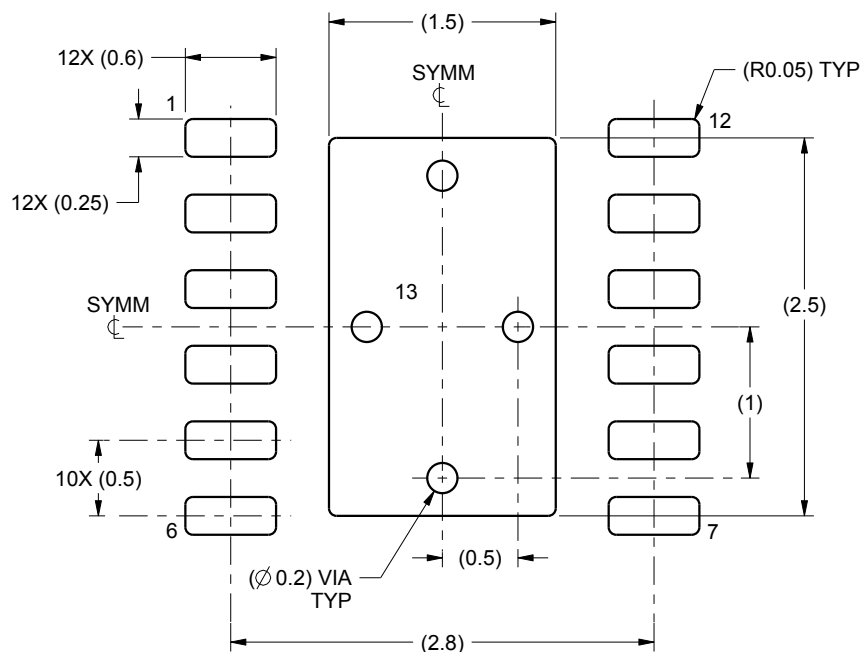
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

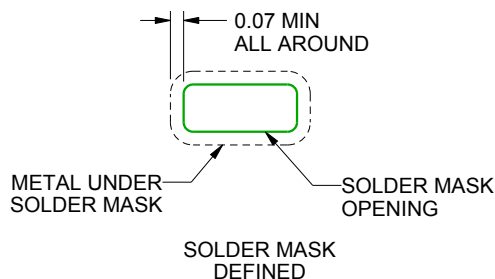
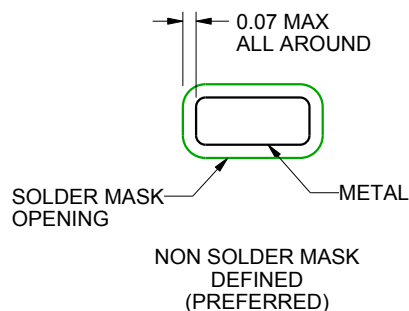
DRR0012C

WSN - 0.8 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:20X



SOLDER MASK DETAILS

4222932/A 05/2016

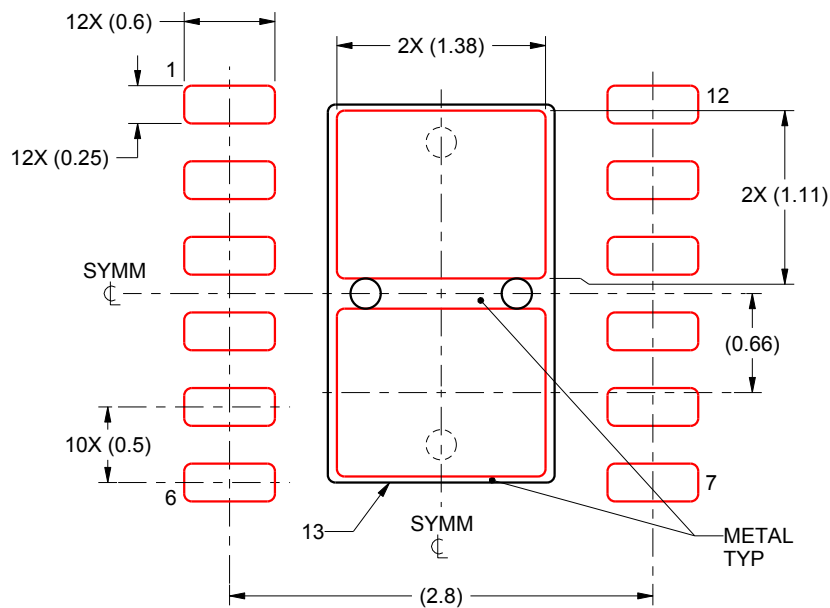
NOTES: (continued)

4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

DRR0012C

WSON - 0.8 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 13
81.7% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:20X

4222932/A 05/2016

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月