

ASL3416SHN

增强型三通道 LED 降压驱动器

第 6 版—2019 年 9 月 16 日

产品数据手册

1. 简介

ASL3416SHN 是一款三通道降压模式 LED 驱动器 IC，可独立于输入电压为 LED 提供恒定的平均直流电流。ASL3416SHN 最多支持三个输出通道。这意味着，使用 1 个驱动器 IC 可相互独立地驱动 1、2 或 3 个 LED 串。它针对汽车外部和内部照明应用提供了一款经济高效的设计解决方案。

2. 概述

ASL3416SHN 采用迟滞降压 DC-DC 拓扑结构。输入电压范围为 10 V 至 80 V，可最大限度地提高每个通道输出电压的灵活性，支持多达 20 个 LED 的应用。每个通道可提供高达 1.5 A 以上的输出电流。¹此外，两个输出通道可以连接在一起，以提供更高的电流。它可利用内部稳压可调电源驱动一个外部高边 N 沟道 MOSFET。ASL3416SHN 降压驱动器可实现灵活的系统设计，支持使用相同的架构驱动 3 个 LED 串。

ASL3416SHN 提供一个 SPI 接口，可用于与外部微控制器进行广泛的控制和诊断通信。

ASL3416SHN 提供可调迟滞功能，以便优化外部器件，并最大限度减少 LED 电流纹波。

此外，ASL3416SHN 还提供高达 70 V 的输出电压，并且具有测量能力，可用于识别 LED 开路 and 短路条件。微控制器可读取该电压，并利用该电压检测开路或短路条件。其他诊断功能包括电流达到状态等。

其他特性包括输入欠压锁定以及 ASL3416SHN 结温超过+175°C 时的热关断。

本器件采用非常小的 HVQFN32 引脚封装和裸露导热垫，能够满足汽车应用的严苛要求。它完全符合 AEC Q100 1 级标准要求，可以在-40°C 至+125°C 的汽车环境温度范围内使用。

¹ ASL3416 可提供 1:12.5 范围内的精确电流。该范围可使用外部器件扩大或缩小。输出电流最低为 30 mA，可达到 3 A 以上，具体取决于工作条件和器件选择。



3. 特性和优势

- ASL3416SHN 是一款符合 AEC-Q100 1 级标准要求的汽车级产品
- 工作环境温度范围：-40°C 至+125°C
- 宽工作输入电压范围：+10 V 至+80 V
- 能够驱动多达 20 个 LED，宽工作 LED 电压范围，在 2.5 V 至 70 V 内可调
- 在整个工作温度范围内，输出电流可达到 1.5A 以上，LED 电流精度为±5%
- 输出电流可通过 SPI 接口编程
- 可通过 SPI 接口回读编程电流
- 两个输出电流范围，可通过 SPI 接口编程，精度为 5%
- 迟滞转换器
- 快速栅极驱动，可实现高效率
- 可编程内部栅极驱动稳压器
- 支持逻辑电平和标准电平 FET
- 集成式自举二极管
- PWM 输入，可对每个通道单独调光
- 低电磁辐射（EME）和高电磁干扰耐受能力（EMI）
- 输入电压监控和输入欠压保护
- 输出电压监控
- 通过控制信号使能器件
- 通过 SPI 监控结温
- 小尺寸封装 HVQFN32
- 当 EN = 0 时，25°C 下的低静态电流 <math>< 5 \mu\text{A}</math>
- 短路和开路输出保护

4. 应用

- 汽车 LED 照明
 - ◆ 日行灯
 - ◆ 示廓灯或驻车灯
 - ◆ 近光灯
 - ◆ 远光灯
 - ◆ 转向指示灯
 - ◆ 雾灯
 - ◆ 转向灯
 - ◆ 先进的前照灯

5. 订购信息

表 1. 订购信息

型号	封装		版本
	名称	说明	
ASL3416SHN	HVQFN32	塑料散热增强型超薄四侧扁平封装；无引脚；32 个端子； 主体尺寸 5 x 5 x 0.85 mm	SOT617-12

6. 功能框图

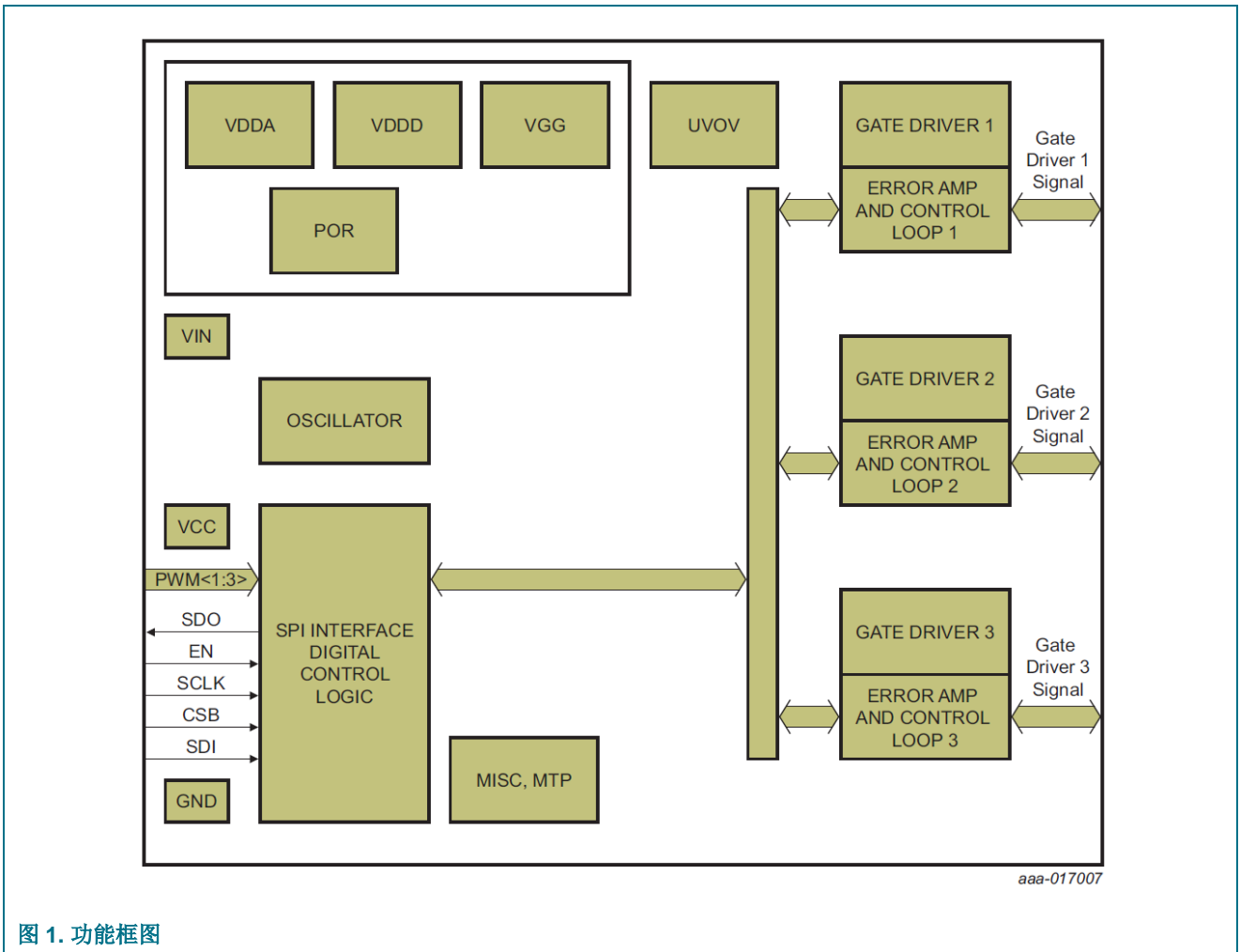
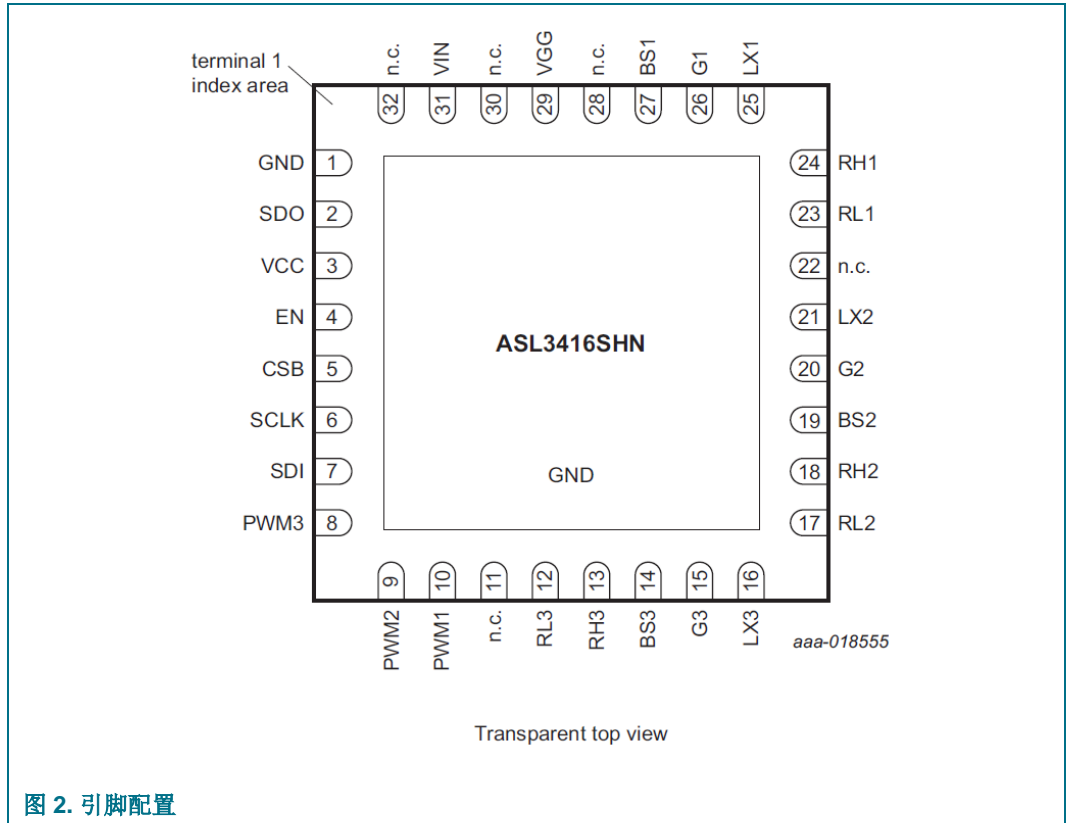


图 1. 功能框图

7. 引脚配置信息

7.1 引脚配置



7.2 引脚说明

表 2. 引脚说明¹

符号	引脚	说明
GND	1	芯片接地
SDO	2	SPI 数据输出
VCC	3	外部 5 V 电源
EN	4	使能信号
CSB	5	SPI 芯片选择
SCLK	6	SPI 时钟
SDI	7	SPI 数据输入
PWM3	8	外部 PWM 信号通道 3
PWM2	9	外部 PWM 信号通道 2
PWM1	10	外部 PWM 信号通道 1
n.c.	11	未连接
RL3	12	感测电阻低边通道 3
RH3	13	感测电阻高边通道 3
BS3	14	启动电源通道 3
G3	15	通道 3 栅极驱动器
LX3	16	电感连接至开关 FET 通道 3

表 2. 引脚说明^[1] ...续

符号	引脚	说明
RL2	17	感测电阻低边通道 2
RH2	18	感测电阻高边通道 2
BS2	19	启动电源通道 2
G2	20	通道 2 栅极驱动器
LX2	21	电感连接至开关 FET 通道 2
n.c.	22	未连接
RL1	23	感测电阻低边通道 1
RH1	24	感测电阻高边通道 1
LX1	25	电感连接至开关 FET 通道 1
G1	26	通道 1 栅极驱动器
BS1	27	启动电源通道 1
n.c.	28	未连接
VGG	29	栅极驱动器电源
n.c.	30	未连接
VIN	31	输入电压
n.c.	32	未连接

[1] 未连接(n.c.)引脚在内部未连接，必须浮空以保持高电压隔离。

为了提高热性能和电气性能，外露的封装中心焊盘应焊接至电路板接地（而不是任何其他电压电平）。

8. 功能说明

8.1 工作模式

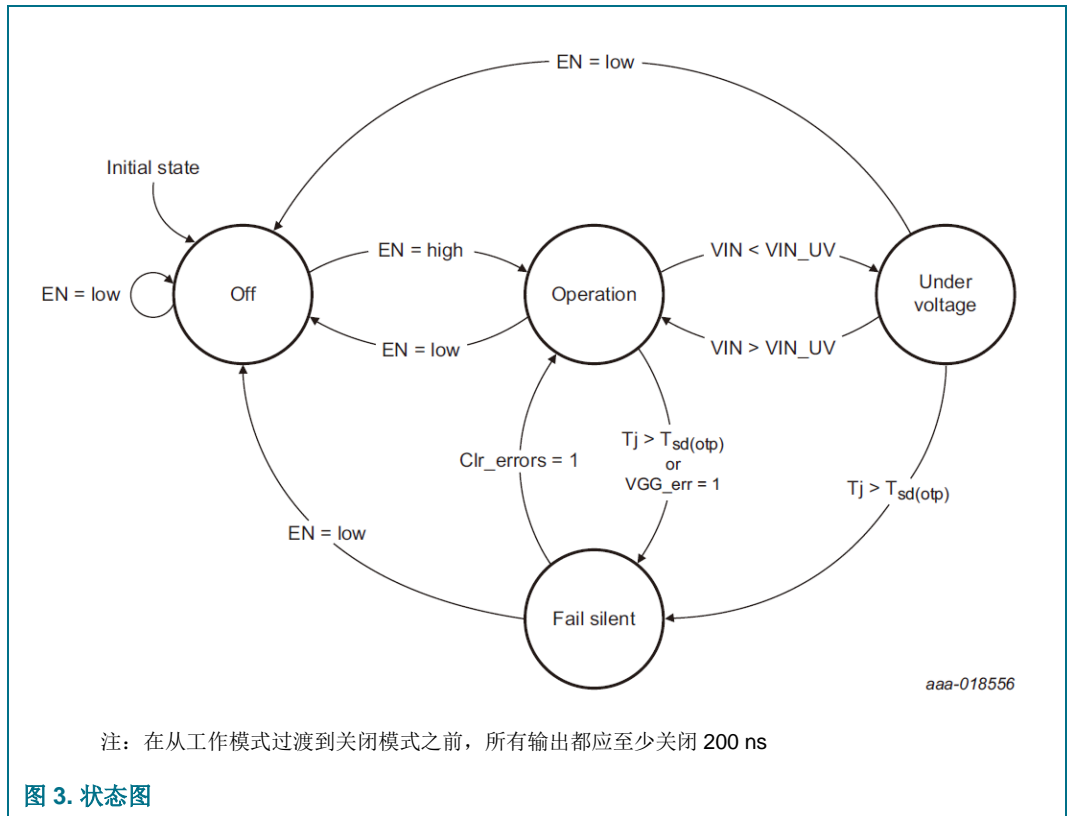


图 3. 状态图

8.1.1 关闭模式

如果输入电压低于掉电检测阈值($V_{th(det)poft}$)或 EN 引脚为低电平，则 ASL3416SHN 切换至关闭模式。

在关闭模式下，SPI 接口和所有输出均关闭。在进入关闭模式之前，所有通道都应关闭。

8.1.2 工作模式

当输入电压高于上电检测阈值($V_{th(det)pon}$)且 EN 引脚为高电平时，ASL3416SHN 从关闭模式切换至工作模式。在工作模式下，所有输出可通过 SPI 配置。

8.1.3 欠压模式

当输入电压低于编程电压时，ASL3416SHN 立即从工作模式切换至欠压模式。在欠压模式下，包括栅极电压电源在内的所有输出均关闭。

8.1.4 故障静音模式

当结温高于过温关断阈值或检测到栅极驱动器错误时，ASL3416SHN 从工作模式切换至故障静音模式。

在故障静音模式下，所有输出均关闭，只有 SPI 接口保持工作状态。

8.2 降压转换器

ASL3416SHN 是一款降压转换器 IC，可为 LED 提供恒定电流。这款迟滞型控制器可调节电感电流。当电感电流超过上限阈值电流时，它会关闭外部 FET。当电流低于下限阈值时，则打开外部 FET。迟滞窗口的宽度可通过 SPI 编程，使开关频率保持在边界范围内。LED 串阳极连接至驱动器，而 LED 串阴极接地。这种布局有助于减少 LED 的连接数量。

8.3 输入电压测量

ASL3416SHN 可测量器件的电源电压，并通过 SPI 接口使测量可用。

表 3. VIN 电压测量寄存器，地址 0x38h^[1]

位	符号	说明	值	功能
7:0	V_VIN[7:0]	VIN 电压测量	0x00h	电压测量不可用
			...	VIN 电压 = 0.3548 x V_VIN[7:0] - 0.56 V

[1] 对 VIN 电压测量寄存器的写操作不会将 SPI 错误位设置为高电平。

8.4 输入欠压检测

ASL3416SHN 提供一个可变的欠压检测阈值。

当电源电压高于欠压检测阈值时，VIN_stat 位为高，当电源电压低于该阈值时，则为低。

有关此位对器件功能的影响，请参见第 8.12.1.1 节。

表 4. 欠压阈值寄存器（地址 0x0Fh）

位	符号	说明	值	功能
7:0	V_VIN_UV[7:0]	欠压阈值	0x00h	欠压检测阈值 = 0 V
			...	欠压检测阈值 = 0.3548 x V_VIN_UV[7:0] - 0.56 V

8.5 输出电流可编程性

ASL3416SHN 可通过 SPI 接口对 LED 电流和 LED 电流迟滞进行编程。

8.5.1 输出目标电流编程

ASL3416SHN 的目标输出电流可通过 LED 电流范围寄存器以及通道 1、通道 2 和通道 3 的 LED 电流寄存器进行编程。通过 SPI 设置的检测电压以及外部检测电阻值决定实际电平。

$$I_{LED} = \frac{V_{LEDcurrent}}{R_{sense}} \quad (1)$$

表 5. LED 电流范围寄存器，地址 0x05h

位	符号	说明	值	功能
7:3		保留	000000	保留；清零，供日后使用
2	I_CH3	LED 电流范围位通道 3	0	最大感测电压约为 300 mV
			1	最大感测电压约为 120 mV
1	I_CH2	LED 电流范围位通道 2	0	最大感测电压约为 300 mV
			1	最大感测电压约为 120 mV
0	I_CH1	LED 电流范围位通道 1	0	最大感测电压约为 300 mV
			1	最大感测电压约为 120 mV

表 6. LED 电流通道 1 寄存器，地址 0x02h

位	符号	说明	值	功能
7:0	I_LED_CH1[7:0]	LED 电流通道 1	0x00h; 0xF6h...0xFFh	不建议
			...	当 I_CH1 为 0 时：1.179 mV x I_LED_CH1 + 0.74 mV
				当 I_CH1 为 1 时：0.47882 mV x I_LED_CH1 - 0.6 mV

表 7. LED 电流通道 2 寄存器，地址 0x03h

位	符号	说明	值	功能
7:0	I_LED_CH2[7:0]	LED 电流通道 2	0x00h; 0xF6h...0xFFh	不建议
			...	当 I_CH2 为 0 时：1.179 mV x I_LED_CH2 + 0.74 mV
				当 I_CH2 为 1 时：0.47882 mV x I_LED_CH2 - 0.6 mV

表 8. LED 电流通道 3 寄存器，地址 0x04h

位	符号	说明	值	功能
7:0	I_LED_CH3[7:0]	LED 电流通道 3	0x00h; 0xF6h...0xFFh	不建议
			...	当 I_CH3 为 0 时：1.179 mV x I_LED_CH3 + 0.74 mV
				当 I_CH3 为 1 时：0.47882 mV x I_LED_CH3 - 0.6 mV

LED 电流是 R_{sense} 电阻两端存在压降的结果（单位 mV）。

示例：

要想在通道 1 上使用 200 mΩ R_{sense} 电阻实现 300 mA 输出电流，可采用两种设置：

1. 将 I_CH1 置位为 1，LED 电流通道 1 寄存器设置为 0x7Eh
2. 将 I_CH1 置位为 0，LED 电流通道 1 寄存器设置为 0x32h

要实现更高粒度和更高精度，使用设置 1。将 LED 电流动态调整为比 I_CHx = 1 时更高的水平时，可能会出现偏差。

8.5.2 通过 SPI 进行迟滞编程

ASL3416SHN 提供一个通过 SPI 接口对迟滞电平进行编程的选项。迟滞设置不受 LED 电流范围寄存器中 I_CH1、I_CH2 和 I_CH3 位的影响。

通过 SPI 设置的迟滞电压以及外部感测电阻值决定实际电平。

$$I_{Hyst} = \frac{V_{Hyst}}{R_{sense}} \quad (2)$$

开关频率的变化取决于迟滞电平、外部器件的值以及输入和输出电压。

ASL3416SHN 的开关频率指定为 100 kHz 至 2 MHz。

注：对于所有迟滞设置，迟滞（以 mV 表示）对应于静态特性小节中的最低平均 LED 电流。

表 9. 迟滞通道 1 寄存器，地址 0x0Bh

位	符号	说明	值	功能
7:2		保留	000000	保留；清零，供日后使用
1:0	HCH1[1:0]	迟滞通道 1	00	设置 0
			01	设置 1
			10	设置 2
			11	设置 3

表 10. 迟滞通道 2 寄存器，地址 0x0Ch

位	符号	说明	值	功能
7:2		保留	000000	保留；清零，供日后使用
1:0	HCH2[1:0]	迟滞通道 2	00	设置 0
			01	设置 1
			10	设置 2
			11	设置 3

表 11. 迟滞通道 3 寄存器，地址 0x0Dh

位	符号	说明	值	功能
7:2		保留	000000	保留；清零，供日后使用
1:0	HCH3[1:0]	迟滞通道 3	00	设置 0
			01	设置 1
			10	设置 2
			11	设置 3

通过提高迟滞电平，可以降低开关频率，从而减少开关事件，最终降低总体开关损耗。但是，LED 电流的纹波会增加。

计算示例：

对于输入电压为 40 V、LED 电压为 15 V、 R_{sense} 为 200 m Ω 以及电感为 220 μH 的系统，在以下开关频率下运行时迟滞为 20 mV：

$$f = \frac{I}{T} = \frac{I}{T_{\text{on}} + T_{\text{off}}} = \frac{I}{I_{\text{Hyst}} \cdot \frac{L}{V_{\text{IN}} - V_{\text{LED}}} + I_{\text{Hyst}} \cdot \frac{L}{V_{\text{LED}}}} = \frac{V_{\text{IN}} \cdot V_{\text{LED}} - V_{\text{LED}}^2}{I_{\text{Hyst}} \cdot L \cdot V_{\text{IN}}} \approx 426 \text{ kHz} \quad (3)$$

备注：

上述计算并未考虑开关延迟。这些延迟会使测得的开关频率低于计算频率。

为确保器件在所需设置下运行，应在通道完全配置后再拉高 PWM 引脚。

如果不需要 PWM 功能，则可以将 PWM 引脚直接连接至引脚 VCC。在这种情况下，可利用 PWM 引脚控制位使能或禁用通道。为确保在所需的频率下运行，应在 LED 电流寄存器置位之前设置通道迟滞。

迟滞和 LED 电流电平可在器件运行期间调整，通过平稳的淡入/淡出降至极低输出电流。这可以与 PWM 输入结合使用。

8.5.3 过流保护

除了用于保护系统的跳变点设置，ASL3416SHN 还提供过流保护功能。如果输出电压突然变化非常快，上限和下限迟滞阈值可能会偏离实际目标值。如果偏离过大，内置过流保护功能会防止系统产生过大电流。

如果检测到此类事件，栅极驱动器就会立即关闭大约 16 ms，之后系统将重启。

8.5.4 输出诊断

输出诊断选项包括：

- LED 开关状态期间输出电压的测量—详情参见[第 8.6 节](#)
- 指示已达到目标 LED 电流—详情参见[第 8.11 节](#)
- 指示通道以低电压裕量运行—详情参见[第 8.12.3.1 节](#)

8.6 输出电压测量

ASL3416SHN 每隔 t_{meas} 测量所有通道的输出电压。从通道的 PWM 引脚过渡时，测量结果存储在相应的寄存器中。寄存器 V_LEDx_on 包含通道的 PWM 输入为高电平时的电压信息。寄存器 V_LEDx_off 包含 PWM 输入为低电平时的电压信息。它可确保寄存器包含各个通道相对于 PWM 引脚状态的最新测量值。如果某个通道的 PWM 输入在 $t_{meas(LED)}$ 时间内保持恒定，则更新该通道的 V_LEDx_on 电压寄存器和 V_LEDx_off 电压寄存器。

表 12. LED 开启电压通道 1 寄存器，地址 0x20h

位	符号	说明	值	功能
7:0	V_LED1_on[7:0]	LED 开启电压通道 1	0x00h	LED 开启电压 = 0 V
			...	LED 开启电压 = $0.3548 \times V_LED1_on[7:0] - 0.56$ V

表 13. LED 关闭电压通道 1 寄存器，地址 0x21h

位	符号	说明	值	功能
7:0	V_LED1_off[7:0]	LED 关闭电压通道 1	0x00h	LED 关闭电压 = 0 V
			...	LED 关闭电压 = $0.3548 \times V_LED1_off[7:0] - 0.56$ V

表 14. LED 开启电压通道 2 寄存器，地址 0x22h

位	符号	说明	值	功能
7:0	V_LED2_on[7:0]	LED 开启电压通道 2	0x00h	LED 开启电压 = 0 V
			...	LED 开启电压 = $0.3548 \times V_LED2_on[7:0] - 0.56$ V

表 15. LED 关闭电压通道 2 寄存器，地址 0x23h

位	符号	说明	值	功能
7:0	V_LED2_off[7:0]	LED 关闭电压通道 2	0x00h	LED 关闭电压 = 0 V
			...	LED 开启电压 = $0.3548 \times V_LED2_off[7:0] - 0.56$ V

表 16. LED 开启电压通道 3 寄存器，地址 0x24h

位	符号	说明	值	功能
7:0	V_LED3_on[7:0]	LED 开启电压通道 3	0x00h	LED 开启电压 = 0 V
			...	LED 开启电压 = $0.3548 \times V_LED3_on[7:0] - 0.56$ V

表 17. LED 关闭电压通道 3 寄存器，地址 0x25h

位	符号	说明	值	功能
7:0	V_LED3_off[7:0]	LED 关闭电压通道 3	0x00h	LED 关闭电压 = 0 V
			...	LED 开启电压 = $0.3548 \times V_LED3_off[7:0] - 0.56$ V

8.7 外部 PWM 输入

ASL3416SHN 可为三个通道的每个通道提供一个专门的 PWM 输入。它允许完全控制 PWM 频率和占空比，并允许利用 PWN 周期的相位偏移来平衡输入电流变化。

引脚 PWM1 控制通道 1，引脚 PWM2 控制通道 2，引脚 PWM3 控制通道 3。引脚高电平表示相应通道开启，且配置的电流传输至输出。

一旦引脚拉高，相应通道的 Gx 引脚就会开始切换。它可以打开和关闭连接至该引脚的 MOSFET，且系统开始传输配置的输出电流。

一旦引脚拉低，相应通道的 Gx 引脚就不再开启。MOSFET 保持关闭，且无电流传输至相应通道的输出。

8.7.1 PWM 引脚控制

ASL3416SHN 可为三个通道的每个通道提供禁用 PWM 输入的选项。如果一个通道的 PWM 输入被禁用，则该通道保持关闭，与任何其他条件无关。

禁用 PWM 输入的位在功能控制寄存器中（有关功能控制寄存器的详细信息，请参见第 8.8 节）。

8.7.2 PWM 功能诊断

PWM 功能诊断选项包含各个 PWM 引脚的切换信息。有关功能的详细信息，请参见第 8.8 节

8.8 功能控制寄存器

要监控 SPI 接口的状态，请使用功能控制寄存器。它支持重置故障静音模式，并提供 PWM 输入控制。

使能器件后，SPI_status 位应置位。当查询返回该位已置位时，SPI 接口可运行，并且器件可配置。在该位置位之前，不允许配置器件。

当器件由于错误状态而进入故障静音模式时，Clr_error 位可置位，以使器件返回工作模式。错误位清零后，器件自动将 Clr_error 位清零。如果 Clr_error 位置位，当没有任何错误时，Clr_error 位保持置位，直至出现错误。该错误会被自动清除。

PWMctrl1、PWMctrl2 和 PWMctrl3 位的功能如[第 8.7.1 节](#)中所述。

表 18. 功能控制寄存器（地址 0x00h）

位	符号	说明	值	功能
7	SPI_status	SPI 状态位	0	SPI 不可用
			1	SPI 正在运行
6	Clr_error	清除错误位	0	没有挂起的清除请求
			1	请求清除错误位，并重置挂起的故障静音模式
5:4		保留	0	保留；清零，供日后使用
3	PWMctrl3	PWM3 引脚的 PWM 控制	0	PWM3 禁用，通道保持关闭
			1	PWM3 使能，LED 电流取决于 PWM 状态和寄存器设置
2	PWMctrl2	PWM2 引脚的 PWM 控制	0	PWM2 禁用，通道保持关闭
			1	PWM2 使能，LED 电流取决于 PWM 状态和寄存器设置
1	PWMctrl1	PWM1 引脚的 PWM 控制	0	PWM1 禁用，通道保持关闭
			1	PWM1 使能，LED 电流取决于 PWM 状态和寄存器设置
0		保留	0	保留；清零，供日后使用

8.9 栅极电压电源

ASL3416SHN 具有一个集成式线性稳压器，用于生成栅极驱动器的电源电压。线性稳压器产生的电压可通过 VGG 控制寄存器进行设置。

表 19. VGG 控制寄存器，地址 0x01h

位	符号	说明	值	功能
7:0	VGG[7:0]	VGG 控制	0x00h	不允许
			...	不允许
			0x5Dh	最大输出电压 = 10.20 V
			...	16.1 V - VGG[7:0] x 63.4 mV
			0xA6h	最小输出电压 = 5.58 V
			...	不允许
			0xFFh	不允许

由于 VGG 调节回路的容差，VGG 的实际值可能会偏离目标设置（参见[表 35](#)中的 $V_{O(\text{reg})\text{acc}}$ ）。

当采用 0x00h 和 0x5Dh 之间的设置时，获得的栅极驱动器目标电压超过 IC 的限值。由于存在这些容差，目标设置为 0xA6h 至 0x5Dh 时也会违反 VGG 引脚的限值。必须避免实际 VGG 电压违反限值。为确保只使用允许的设置以获得栅极驱动器目标电压，需要在设置寄存器后立即回读编程值。

如果采用 0xFFh 和 0xA6h 之间的设置，则器件可能会关断。

8.9.1 栅极电压电源诊断

栅极电压电源诊断选项包括：

- VGG 可用。详情参见[第 8.12 节](#)
- VGG 过载保护激活。详情参见[第 8.12 节](#)

8.10 结温信息

ASL3416SHN 可提供 IC 结温测量。测量信息可在结温寄存器中获得。

表 20. 结温寄存器，地址 0x26h

位	符号	说明	值	功能
7:0	T_junction[7:0]	结温	0xD8h	器件结温 = -40°C
			...	器件结温 = (256 - T_unction[7:0]) °C
			0xFFh	器件结温 = -1 °C
			0x00h	器件结温 = 0 °C
			0x01h	器件结温 = 1 °C
			...	器件结温 = T_unction[7:0]* °C
			0xAFh	器件结温 = 175 °C

结温寄存器的读数应在[表 20](#)给定的范围内。如果不在此范围内，则 Tj_err 位（诊断寄存器 1 中的位 5，地址 0x37h）可用于指示温度是低于 175°C (Tj_err = Low) 还是高于 175°C (Tj_err = High)。

8.11 自举充电机制

栅极驱动器由自举电容供电，并为 ASL3416SHN 的栅极引脚提供电流。这些电容连接在器件的 LXx 和 BSx 引脚之间。为了正确驱动外部 FET，该电容两端的电压必须保持在栅极驱动电压的目标值附近。

在器件运行期间，如果外部 FET 以相当高的频率定期开关，自举电容就会在 Lx 节点为低电平时充电。当外部 FET 关闭，且转换器线圈向输出传输电流时，就会发生这种情况。

当外部 FET 不定期开关时，自举电容会在以下情况下每隔 t_p 定期充电：

- PWM 引脚处于低电平的时间超过 $T_{meas(LED)}$
- PWM 为高电平，且 CR0 位为低电平

8.11.1 自举充电保持

当系统以长 PWM 关断时间和短 PWM 导通时间运行时，为避免自举电容放电，需使用附加机制保持自举充电。

ASL3416SHN 会补偿 BS 引脚上的 IC 功耗。这样，BS 电容就不再会放电，而是慢慢地在 VBS-LX 附近稳定下来。

当栅极驱动器使能，PWM 为低电平，且未检测到自举欠压或低电压裕量条件时，会启用补偿机制。

8.12 诊断信息

诊断寄存器包含用于诊断目的的实用信息。每个位的详细信息参见以下各章节。

8.12.1 诊断寄存器 1

诊断寄存器 1 包含 ASL3416SHN 的运行状态信息。

表 21. 诊断寄存器 1，地址 0x37h

位	符号	说明	值	功能
7	VIN_stat	VIN 状态	0	VIN 低于欠压检测阈值
			1	VIN 高于欠压检测阈值
6	SPI_err	SPI 错误	0	最后一个 SPI 命令正确执行
			1	最后一个 SPI 命令出错，已被丢弃
5	Tj_err	器件温度过高	0	器件温度低于 175 °C
			1	器件温度高于 175 °C
4	VGG_err	VGG 错误	0	VGG 过载保护未激活
			1	VGG 过载保护已开启，VGG 已停用
3	VGG_ok	VGG 调节正常	0	VGG 不可用
			1	VGG 可用
2	I-CH3	通道 3 达到目标电流	0	最后一个 PWM 周期未达到目标电流
			1	最后一个 PWM 周期达到目标电流
1	I-CH2	通道 2 达到目标电流	0	最后一个 PWM 周期未达到目标电流
			1	最后一个 PWM 周期达到目标电流
0	I-CH1	通道 1 达到目标电流	0	最后一个 PWM 周期未达到目标电流
			1	最后一个 PWM 周期达到目标电流

8.12.1.1 VIN_stat 位

VIN_stat 位指示器件的 VIN 电压状态。一旦 VIN 电压高于编程的欠压阈值，该位置位。当 VIN 低于编程的欠压阈值时，该位清零（有关输入欠压检测功能的详细信息，请参见第 8.4 节）。

当该位为高电平时，栅极引脚开始切换。器件开始通过相应通道的 PWM 输入提供所需的输出电流。VGG_ok 和 VGG_err 位指示 VGG 的功能状态。

当该位为低电平时，VGG 稳压器和栅极驱动器关闭。栅极引脚停止切换，从而关闭输出电流。VGG_ok 位复位，VGG_err 位不变，VLED 测量寄存器不再更新。

表 22. VIN_stat 对器件功能的影响

VIN 状态	VIN_stat	VGG_ok	VGG_err	输出电流	VLED 测量
低于欠压检测阈值	0	复位	无法置位	禁用	无更新
高于欠压检测阈值	1	无影响	无影响	启用	当 VGG_ok 为 1 时更新

8.12.1.2 SPI_err 位

SPI_err 位指示在最后一次 SPI 传输期间是否出现某些错误。对器件进行写访问后该位置位时，器件会丢弃该命令。当执行读取命令后该位置位时，微控制器应丢弃该器件提供的信息。在下述情况下置位 SPI_err 位：

- 试图对只读位置或保留位置进行 SPI 写操作
- 试图从保留位置进行 SPI 读操作
- SPI 命令不包含 16 个时钟计数的倍数

对诊断寄存器 1 进行一次写操作，SPI_err 位就会清零。

如果检测到 SPI_error，器件将返回诊断寄存器 1（默认读取），并在下一次 SPI 访问时返回诊断寄存器 2。

8.12.1.3 位 Tj_err

当结温高于最大允许温度($T_{sd(otp)}$)时，位 Tj_err 设置为高电平。它会关闭栅极驱动器和栅极驱动器稳压器，并清除 VGG_ok 位。如果 VGG_ok 已设置为高电平，则 VGG_err 位置位。不再传送输出电流。只有 SPI 保持运行。

当结温再次低于最大允许温度阈值时，只能使用 Clr_errors 命令使 Tj_err 位清零。与 Tj_err 位一起置位的 VGG_err 位将与 Tj_err 位一起清零。

8.12.1.4 位 VGG_err

当无法将 VGG 调整至其目标值时，位 VGG_err 置位。在启动期间，器件等待 $t_{err(startup)}$ 时间，直至该位置位，而在正常运行期间，器件仅等待 $t_{err(oper)}$ 时间。一旦该位置位，就会关闭栅极驱动器和栅极驱动器稳压器，并清除 VGG_ok 位。因此，无法再传送输出电流。只有 SPI 保持运行。

如果 VGG_err 位置位，则不再更新 LED 电压测量值。

要复位该位，可置位功能控制寄存器中的 Clr_errors 位。或者，必须将器件设置为关闭模式，例如：通过使 EN 变为低电平，或通过上电复位。

8.12.1.5 位 VGG_ok

将 VGG 输出调整至其目标值后，VGG_ok 位立即置位。当 VIN 出现欠压条件或 VGG 出现错误时，该位清零。

8.12.1.6 I-CH1、I-CH2 和 I-CH3 位

I-CH1、I-CH2 和 I-CH3 位指示在最后一次 PWM 周期内是否达到目标输入电流。未达到目标电流的原因包括 LED 串开路或输入电压太低等。

这些位在以下情况下更新：

- PWM 的下降沿
- 对 CR 复制脉冲位进行写操作

这些位在以下情况下清零：

- VIN 欠压事件
- 在有代表性的通道中出现低电压裕量事件

8.12.1.7 CR 复制脉冲

CCH1、CCH2 和 CCH3 位可用于强制更新达到的 LED 电流信息。将位设置为高电平可启动更新诊断寄存器 1 中的 I-CHx 位，并清零 CR0_CHx 位。器件会自动清零更新后设置为高电平的位。

表 23. CR 复制脉冲寄存器，地址 0x06h

位	符号	说明	值	功能
7:3		保留	000000	保留；清零，供日后使用
2	CCH3	I-CH3 位的更新请求	0	没有挂起的更新请求
			1	I-CH3 位的更新请求
1	CCH2	I-CH2 位的更新请求	0	没有挂起的更新请求
			1	I-CH2 位的更新请求
0	CCH1	I-CH1 位的更新请求	0	没有挂起的更新请求
			1	I-CH1 位的更新请求

8.12.2 诊断寄存器 2

诊断寄存器 2 包含 ASL3416SHN 的 PWM 切换信息。

表 24. 诊断寄存器 2，地址 0x36h

位	符号	说明	值	功能
7		保留	0	保留；清零，供日后使用
6		保留	1	保留；清零，供日后使用
5:3		保留	000	保留；清零，供日后使用
2	PWM3	PWM3 引脚的切换信息	0	自上次读取寄存器以来，尚未切换过 PWM3
			1	自上次读取寄存器以来，已切换过 PWM3
1	PWM2	PWM2 引脚的切换信息	0	自上次读取寄存器以来，尚未切换过 PWM2
			1	自上次读取寄存器以来，已切换过 PWM2
0	PWM1	PWM1 引脚的切换信息	0	自上次读取寄存器以来，尚未切换过 PWM1
			1	自上次读取寄存器以来，已切换过 PWM1

8.12.2.1 PWM 切换信息 (PWM1、PWM2 和 PWM3 位)

为了检测 PWM 引脚控制的错误，ASL3416SHN 允许通过诊断寄存器 2 对 PWM 输入进行一些诊断。该寄存器包含 PWM 输入的切换信息。

检测到引脚电平发生变化时，该位置位。对诊断寄存器 2 进行一次写操作，该位就会复位。

8.12.3 诊断寄存器 3

诊断寄存器 3 包含低电压裕量警告信息和输出电流状态位。

8.12.3.1 低电压裕量警告

当 ASL3416SHN 以低电压裕量运行时，可能会导致非常高的占空比。随后较长的外部 FET 开启时间可能会导致低开关频率。为避免较长的外部 FET 开启时间，在通道打开且 VIN_stat 为高电平期间，应持续监控电源电压和输出电压。一旦测得的输出电压高于 V_{in} 减去低电压裕量时，栅极引脚就会被拉低。从而关闭 FET。与此同时，相应通道的低电压裕量位（诊断寄存器 3 中的 LV_CHx）置位。

如果压差再次高于低电压裕量，器件就会开始再次运行。

LV_CH1、LV_CH2 和 LV_CH3 位保持置位，直到对诊断寄存器 3 进行写操作。如果这些位在通道关闭或 VIN_stat 为低电平时清零，这些位可能会在最后一次采样电压指示低电压裕量条件时再次置位。

8.12.3.2 输出电流状态

诊断寄存器 3 也包含 CR0_CH1、CR0_CH2 和 CR0_CH3 位。这些位指示当前 PWM 周期内各个通道达到的目标电流信息。

当达到通道的目标电流时，该位立即置位。

该位在以下情况下清零：

- PWM 引脚的下降沿
- VIN 欠压事件
- 通过 SPI 的 CR0 复制脉冲请求
- 当 PWM 为高电平时，栅极被驱动为高电平持续 1 ms 以上

8.12.3.3 寄存器内容

表 25. 诊断寄存器 3，地址 0x35h

位	符号	说明	值	功能
7:6		保留	00	保留；清零，供日后使用
5	CR0_CH3	CH3 电流达标	0	未达到输出电流
			1	达到输出电流

表 25. 诊断寄存器 3，地址 0x35h

位	符号	说明	值	功能
4	CR0_CH2	CH2 电流达标	0	未达到输出电流
			1	达到输出电流
3	CR0_CH1	CH1 电流达标	0	未达到输出电流
			1	达到输出电流
2	LV_CH3	CH3 低电压裕量	0	未出现低裕量事件
			1	至少出现了一次低裕量事件
1	LV_CH2	CH2 低电压裕量	0	未出现低裕量事件
			1	至少出现了一次低裕量事件
0	LV_CH1	CH1 低电压裕量	0	未出现低裕量事件
			1	至少出现了一次低裕量事件

8.12.4 诊断寄存器 4

诊断寄存器 4 包含 BS 欠压检测位。

8.12.4.1 自举欠压检测

集成式自举欠压检测可在 LX 引脚关闭期间监控 BS 和 LX 引脚之间的电压。如果电压低于 VBS_UV，ASL3416SHN 会防止栅极导通，并防止在低电压下驱动 MOSFET。

在通道中检测到此条件时，通道关闭，并置位适当的错误位。对器件的写入命令会清除错误位，并将任何待清除位设置为高电平。清除错误后，通道再次使能。

表 26. BS UV 寄存器 - 读访问，地址 0x34h

位	符号	说明	值	功能
7:3		保留	00000	保留；清零，供日后使用
2	BS_UV3	CH3 低 BS 警告	0	未出现低 BS 事件
			1	至少出现了一次低 BS 事件
1	BS_UV2	CH2 低 BS 警告	0	未出现低 BS 事件
			1	至少出现了一次低 BS 事件
0	BS_UV1	CH1 低 BS 警告	0	未出现低 BS 事件
			1	至少出现了一次低 BS 事件

表 27. BS_UV 寄存器 - 写访问，地址 0x34h

位	符号	说明	值	功能
7:3		保留	00000	保留；清零，供日后使用
2	BS_UV3	CH3 低 BS 警告	0	无操作
			1	清除通道 3 的低 BS 警告
1	BS_UV2	CH2 低 BS 警告	0	无操作
			1	清除通道 2 的低 BS 警告
0	BS_UV1	CH1 低 BS 警告	0	无操作
			1	清除通道 1 的低 BS 警告

8.13 SPI

ASL3416SHN 采用 SPI 接口与外部微控制器进行通信。SPI 接口可用于设置 LED 电流，读取和写入控制寄存器。

8.13.1 简介

串行外设接口(SPI)提供与微控制器的通信链路，同时支持多个从机操作。SPI 配置为全双工数据传输，因此当新控制数据移入时会返回状态信息。该接口还提供只读访问选项，允许应用回读寄存器而不更改寄存器内容。

SPI 采用 4 个接口信号来实现同步和数据传输：

- CSB - SPI 芯片选择：有效 LOW
- SCLK - SPI 时钟 - 由于采用低功耗概念，所以默认电平为 LOW
- SDI - SPI 数据输入
- SDO - SPI 数据输出 - 当引脚 CSB 为 HIGH 时浮空

位采样在下降时钟沿进行，而数据在上升时钟沿移出，如 [图 4](#) 所示。

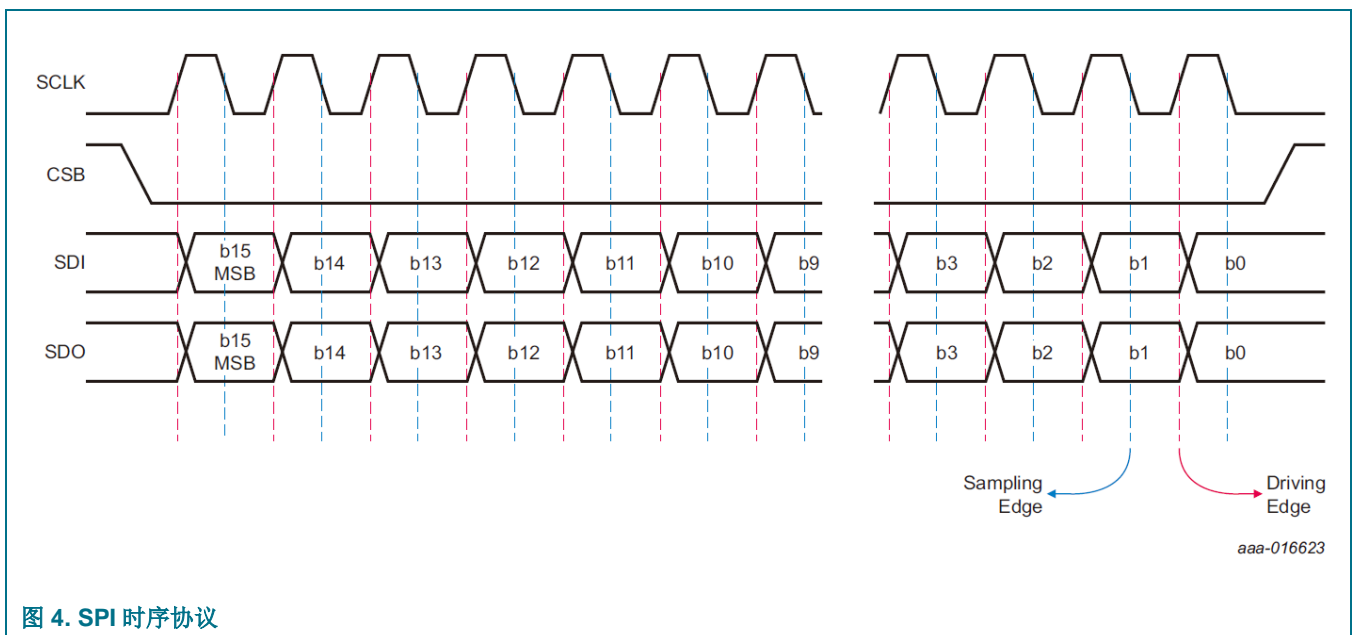


图 4. SPI 时序协议

ASL3416SHN 的数据位在寄存器中为一字节长度。每个寄存器分配了一个 7 位地址。对于写入寄存器操作，必须向 LED 驱动器发送 2 个字节。第一个字节为标识符字节，由 7 位地址和一个只读位组成。对于写操作，只读位必须设置为“0”。第二个字节为写入寄存器的数据。所以 SPI 访问由至少 16 位组成。

[图 5](#) 以及 [表 28](#) 和 [表 29](#) 给出了 SPI 帧格式。

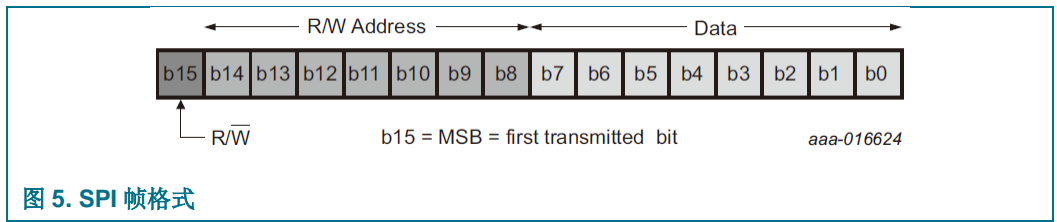


图 5. SPI 帧格式

表 28. 转换到器件的 SPI 帧格式

位	符号	说明	值	功能
15	b15	读/写位	0	写访问
			1	读访问
14:8	b14:8	地址位	...	所选地址
7:0	b7:0	数据位	...	已传输数据

表 29. 从器件转换的 SPI 帧格式

位	符号	说明	值	功能
15:8	b15:8	诊断寄存器 1	...	诊断寄存器 1 的内容
7:0	b7:0	数据位	...	当上一个命令为有效的读取命令时，寄存器中应该读取的内容
			...	当上一个命令为有效的写入命令时，寄存器中应该写入的新内容

注：退出关闭模式后的第一个 SPI 命令返回 0x00h。

主机启动命令序列。该序列以 CSB 引脚下拉为低电平开始，并持续至其置位为高电平为止。

ASL3416SHN 还允许进行 16 倍数位的 SPI 访问。它允许采用 SPI 的菊花链配置。

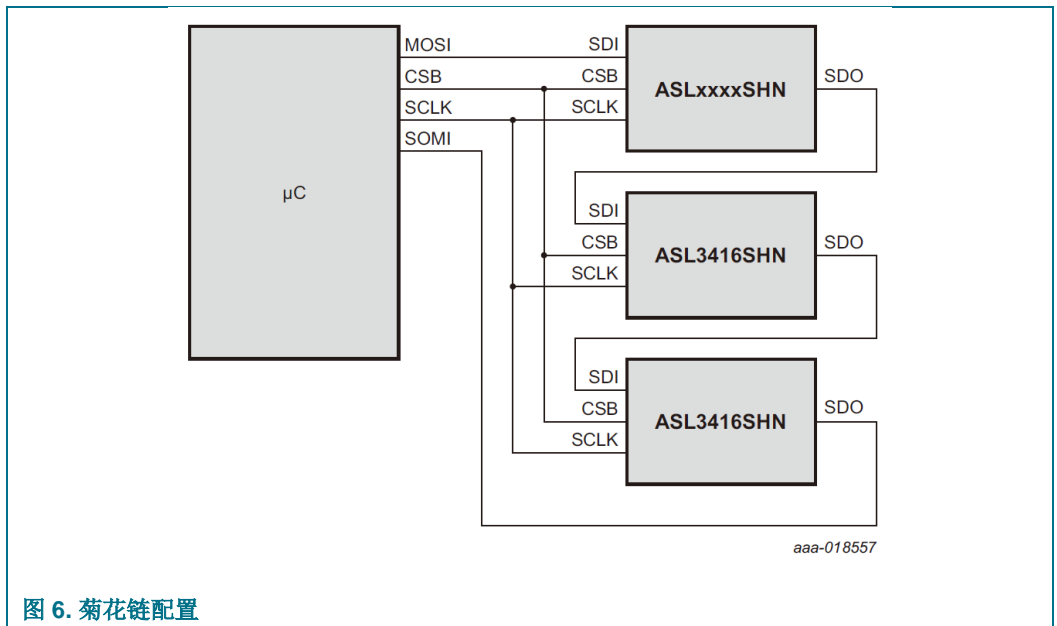
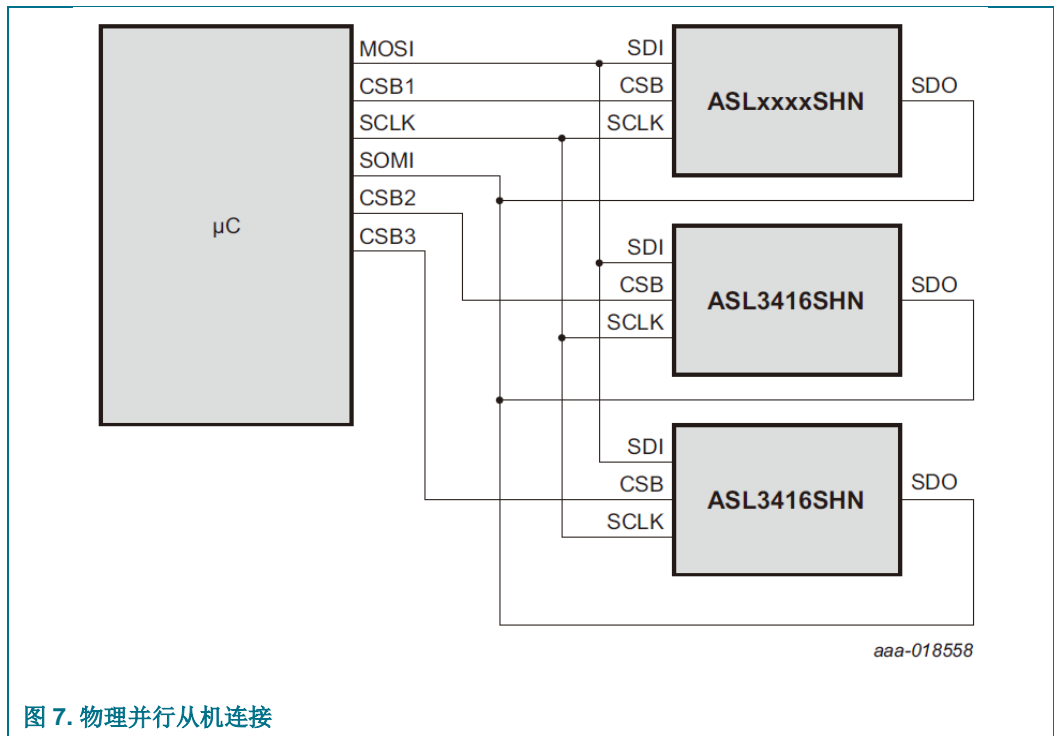


图 6. 菊花链配置



在 SPI 数据传输期间，标识符字节和寻址寄存器的实际内容通过 SDO 引脚返回。纯读取访问也是如此。此时，只读位必须设置为 1。传输至 ASL3416SHN 的数据字节内容会被忽略。

ASL3416SHN 监控传输的数据位数。如果数量不是 16 或 16 的倍数，则忽略写访问，且 SPI 错误指示位置位。

8.13.2 典型用例说明（写/读）

考虑采用菊花链方案，一个主机以菊花链形式连接至 4 个从机。在一个序列（第一个序列）中执行以下命令。

- 将数据 0xFFh 写入从机 1 的寄存器 0x1Ah
- 读取从机 2 的寄存器 0x02
- 将数据 0xAFh 写入从机 3 的寄存器 0x2Fh
- 读取从机 4 的寄存器 0x44h

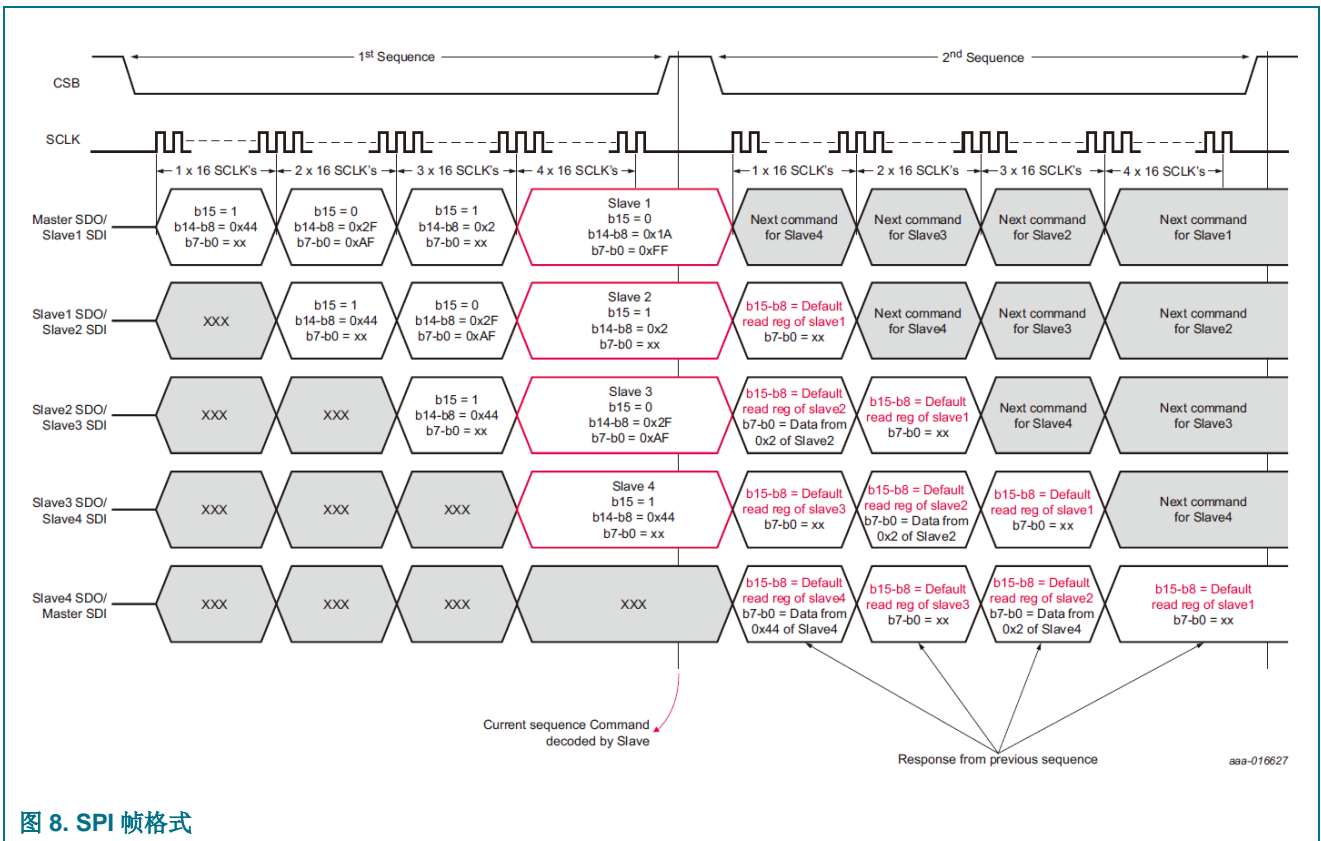


图 8. SPI 帧格式

8.13.3 SPI 接口诊断

SPI 接口诊断选项在上一次 SPI 传输期间为错误。有关详细信息，请参见[第 8.11 节](#)。

8.13.4 寄存器映射

可寻址寄存器空间从 0x00h 至 0x7Fh 共 128 个寄存器。它们被分为两组，如[表 30](#)所示。寄存器映射如[表 31](#)和[表 32](#)所示。每个位的功能说明可参见相关章节。

表 30. 寄存器空间分组

地址范围	说明	内容
0x00h ...0x1Fh	控制寄存器	阈值, LED 电流
0x20h ...0x7Fh	诊断寄存器	LED 电压, PWM 切换信息

8.13.4.1 控制寄存器

表 31 概述了控制寄存器及其复位状态。

表 31. 控制寄存器分组概述

地址	名称	重置值	7	6	5	4	3	2	1	0
0x00h	功能控制	0x0Eh	SPI_status	Clr_errors	-	-	PWMctrl3	PWMctrl2	PWMctrl1	-
0x01h	VGG 控制	0xFFh	VGG[7:0]							
0x02h	LED 电流通道 1	0x00h	I_LED_CH1[7:0]							
0x03h	LED 电流通道 2	0x00h	I_LED_CH2[7:0]							
0x04h	LED 电流通道 3	0x00h	I_LED_CH3[7:0]							
0x05h	LED 电流范围	0x07h	-	-	-	-	-	I_CH3	I_CH2	I_CH1
0x06h	CR 复制脉冲	0x00h	-	-	-	-	-	CCH3	CCH2	CCH1
0x0Bh	迟滞通道 1	0x03h	-	-	-	-	-	-	HCH1[1:0]	
0x0Ch	迟滞通道 2	0x03h	-	-	-	-	-	-	HCH2[1:0]	
0x0Dh	迟滞通道 3	0x03h	-	-	-	-	-	-	HCH3[1:0]	
0x0Fh	欠压阈值	0x00h	V_VIN_UV[7:0]							

8.13.4.2 诊断寄存器

表 32 概括了诊断寄存器的信息。由于器件会持续更新这些寄存器，所以它们没有默认值。

表 32. 诊断寄存器分组概述

地址	名称	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x20h	LED 开启电压通道 1	V_LED1_on[7:0]								
0x21h	LED 关闭电压通道 1	V_LED1_off[7:0]								
0x22h	LED 开启电压通道 2	V_LED2_on[7:0]								
0x23h	LED 关闭电压通道 2	V_LED2_off[7:0]								
0x24h	LED 开启电压通道 3	V_LED3_on[7:0]								
0x25h	LED 关闭电压通道 3	V_LED3_off[7:0]								
0x26h	结温	T_junction[7:0]								
0x34h	诊断寄存器 4	-	-	-	-	-	BS_UV3	BS_UV2	BS_UV1	
0x35h	诊断寄存器 3	-	-	CR0_CH3	CR0_CH2	CR0_CH1	LV_CH3	LV_CH2	LV_CH1	
0x36h	诊断寄存器 2	-	1	-	-	-	PWM3	PWM2	PWM1	
0x37h	诊断寄存器 1 (默认读取寄存器)	VIN_Stat	SPI_er	Tj_er	VGG_er	VGG_ok	I-CH3	I-CH2	I-CH1	
0x38h	VIN 电压测量 ^[1]	V_VIN[7:0]								

[1] 对 VIN 电压测量寄存器的写操作不会将 SPI 错误位设置为高电平。

9. 限值

表 33. 限值

依据绝对最大额定值系统(IEC 60134)。

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
V _{IN}	引脚 VIN 上的电压	EN = LOW	-0.3	+80	V
		EN = HIGH	10	80	V
V _{VCC}	VCC 引脚电压		-0.3	+5.5	V
V _{I(dig)}	数字输入电压	引脚 SDO、SDI、CSB、SCLK、EN、PWM1、PWM2 和 PWM3 上的电压	-0.3	+5.5	V
V _{VGG}	引脚 VGG 上的电压		-0.3	+10	V
V _{LX}	引脚 LX 上的电压	LX1、LX2 和 LX3	-1.0	+80	V
SR _{f(max)}	最大下降沿压摆率	引脚 LX1、LX2 和 LX3 上；最大输入电压时	-	5.0 ^[1]	V/ns
V _{sense}	感测电压	感测引脚 RH1、RL1、RH2、RL2、RH3 和 RL3 上的电压	-1.0	+70 ^[2]	V
ΔV _{RH-RL(max)}	引脚 RH 和 RL 之间的最大压降	同一通道的 RH 和 RL 引脚之间的最大压降	-0.3	+0.8	V
V _{BSx}	自举引脚上的电压	BS1、BS2 和 BS3	-0.3	+90	V
V _{Gx}	栅极引脚上的电压	G1、G2 和 G3	-1.0	+90	V
ΔV _{max}	最大压差	同一通道上 G 与 LX 引脚之间	-	12	V
		同一通道上 BS 与 LX 引脚之间	-	12	V
T _j	结温		-40	+ 175	°C
T _{stg}	存储温度		-55	+ 175	°C
V _{ESD}	静电放电电压	HBM ^[3]			
		任意引脚	-2	+2	kV
		相对于 GND 具有 RLx 和 100nF 的引脚上	-6	+6	kV
		CDM ^[4]			
		任意引脚	-500	+500	V

[1] 压摆率的限制即为 IC 约束条件。当 IC 在应用电路中运行时，外部电路会影响压摆率能力。选择适当的电阻值时需要考虑的一些特定 MOSFET 参数示例准则参见下表。尽管如此，在考虑 EMC 性能和正确的栅极驱动器操作时，应该验证每个应用以确定最终解决方案。

[2] 通过设计可保证 76 V 持续 t≤10 秒时间。

[3] 人体模型(HBM)：符合 AEC-Q100-002 要求（100pF，1.5 kΩ）。

[4] 充电设备模型(CDM)：符合 AEC-Q100-011 要求（电场感应电荷；4 pF）。

9.1 外部电路

表 34. 外部电路准则

符号	元件	MOSFET 配置典型值			单位
		配置 1	配置 2	配置 3	
R _G	[1]	1.0	4.7	1.7	Ω
Q _{GS}	[1]	0.6	1.2	0.8	nC
Q _{GD}	[1]	0.9	1.8	1.2	nC
R _{DSon}	[1]	175	80	72	mΩ
R _{gate}	栅极电阻	33	15	33	Ω
RLX	检测电阻低边通道	10	10	10	Ω
C5		1	1	1	μF

[1] MOSFET M5

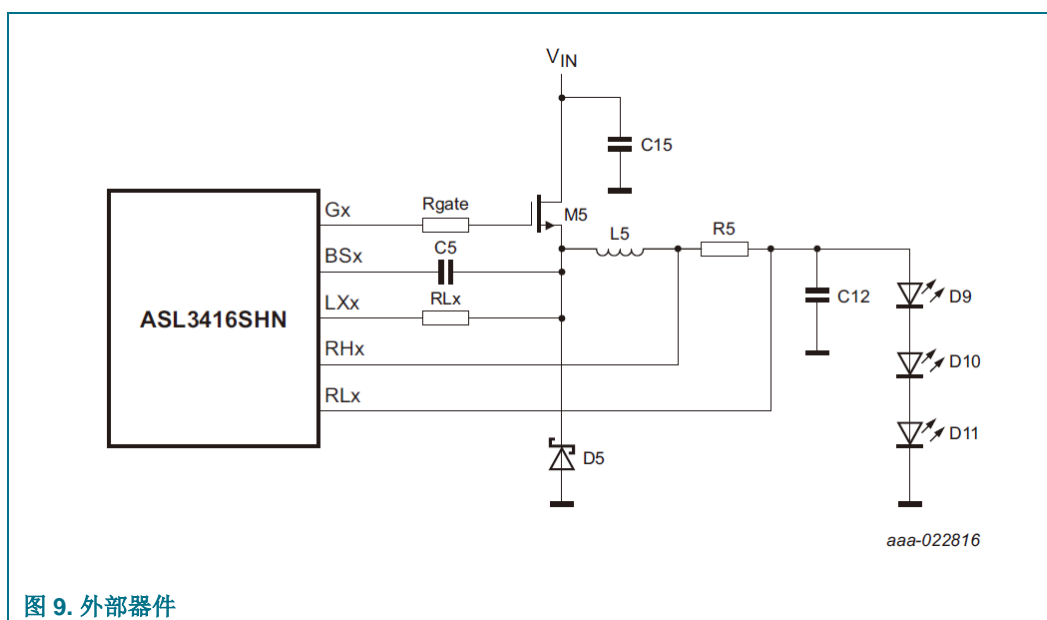
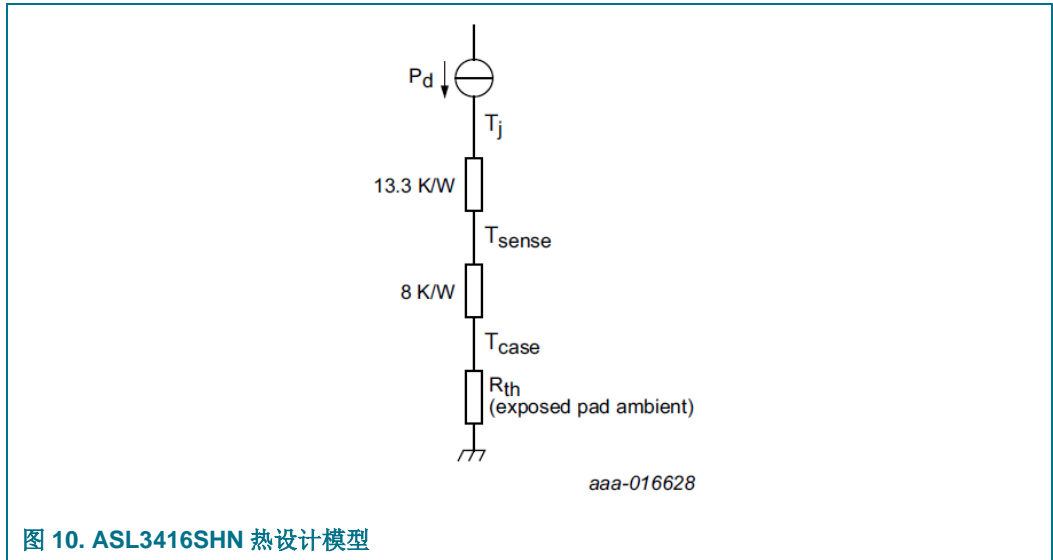


图 9. 外部器件

10. 热学特性

10.1 ASL3416SHN 热设计模型

ASL3416SHN 的芯片上有几个电源，但对于热设计模型，可简化为一个通用电源。



可使用[等式 4](#)和[等式 5](#)计算功率：

$$I_{gates} = fsw1 \times Qg1 + fsw2 \times Qg2 + fsw3 \times Qg3 \quad (4)$$

$$P_d = V_{in} \times (3.5 \text{ mA} + 1.3 \text{ mA} \times \#channels_active + I_{gates}) + V_{CC} \times 10 \text{ mA} \quad (5)$$

注， T_{sense} 为 IC 内部温度测量位置。由于传感器的位置，结温可能已经超过 175°C ，而温度测量仍然返回低于 175°C 的值。

11. 静态特性

表 35. 静态特性

最小值和最大值基于以下条件： $V_{VIN} = 10\text{ V}$ 至 80 V ， $V_{EN} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V ， $V_{VCC} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V ， $T_j = -40\text{ }^\circ\text{C}$ 至 $+175\text{ }^\circ\text{C}$ 。^[1] 所有电压均相对于 GND 定义；正电流流入 IC。典型值的条件为： $V_{VIN} = 40\text{ V}$ ， $V_{EN} = 5\text{ V}$ ， $V_{VCC} = 5\text{ V}$ 以及 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ，除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{DD}	电源电流	位于 VIN 引脚上；栅极空载，且 VGG 未设置	-	3.5	10	mA
		当 EN = HIGH 时，EN 引脚上的电流	-	-	150	μA
I _{off}	关断状态电流	EN = LOW；V _{IN} < 12 V	-	-	5	μA
电源引脚 VCC						
I _{VCC}	引脚 VCC 上的电源电流	EN = HIGH；CSB = LOW	-	10	15	mA
V _{UVLO(VCC)}	引脚 VCC 上欠压锁定		^[2] 3.7	-	4.4	V
使能引脚 EN						
V _{UVLO(EN)}	引脚 EN 上欠压锁定		^[2] 3.7	-	4.4	V
LED 输出特性						
V _{O(LED)}	LED 输出电压	LED1；V _{IN} ≥ V _{O(LED)} + V _{hr(low)}	2.5	-	70	V
		LED2；V _{IN} ≥ V _{O(LED)} + V _{hr(low)}	2.5	-	70	V
		LED3；V _{IN} ≥ V _{O(LED)} + V _{hr(low)}	2.5	-	70	V
V _{O(min)}	最小输出电压	平均值				
		设置 0	5	-	11	mV
		设置 1	13	-	21	mV
		设置 2	22	-	31	mV
		设置 3	32	-	42	mV
I _{O(LED)}	LED 输出电流	标称平均值； V _{O(LED)} = 2.5 V 至 70 V； V _{IN} ≥ V _{O(LED)} + V _{off(hr)low} ； R _{sense} = 200 mΩ	V _{O(min)} / R _{sense}		1500	mA
V _{sense(AV)acc}	平均感测电压精度	I _{CHx} = 1；V _{sense(AV)} ≥ 24 mV	^[3] -4	-	+4	%
		I _{CHx} = 0；V _{sense(AV)} ≥ 120 mV	^[3] -4	-	+4	%
V _{O(acc)}	输出电压精度	与当前应用值相关	-0.02 x V _{LEDx} - 1.0644 V		+0.02 x V _{LEDx} + 1.0644 V	%
			-0.02 x V _{VIN} - 1.0644 V		+0.02 x V _{VIN} + 1.0644 V	%
V _{off(hr)low}	低裕量关断电压	V _{IN} - V _{O(LED)}	5	-	7	V
V _{ocp}	过流保护电压		-	400	-	mV
VGG 输出特性 (C_{VGG} = 1 μF, ESR ≤ 0.1 Ω)						
V _{O(reg)}	稳压器输出电压		4.5	-	10.04	V
V _{O(reg)acc}	稳压器输出电压精度		-5	-	+5	%
V _{do(reg)}	稳压器压降	I _{reg} ≤ 50 mA；饱和状态下的稳压器	-	0.5	1.0	V
		I _{reg} ≤ 160 mA；饱和状态下的稳压器	-	1.6	3.2	V

表 35. 静态特性...续

最小值和最大值基于以下条件： $V_{IN} = 10\text{ V}$ 至 80 V ， $V_{EN} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V ， $V_{VCC} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V ， $T_j = -40\text{ }^\circ\text{C}$ 至 $+175\text{ }^\circ\text{C}$ 。^[1] 所有电压均相对于 GND 定义；正电流流入 IC。典型值的条件为： $V_{IN} = 40\text{ V}$ ， $V_{EN} = 5\text{ V}$ ， $V_{VCC} = 5\text{ V}$ 以及 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ，除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
自举特性；BS1、BS2 和 BS3 引脚（BS 和 LX 引脚之间的电容 = 1 μF）						
$V_{d(bs)}$	自举二极管电压	$I_{bs} \leq 100\text{ mA}$	-	-	1.5	V
I_{bs}	自举电流	栅极驱动器的电流消耗；输出开启	-	300	-	μA
$V_{th(bs)OV}$	自举过压检测阈值		5.5	-	8	V
$V_{th(bs)UV}$	自举欠压检测阈值		3.5	4.5	5.3	V
PWM 输入；PWM1、PWM2 和 PWM3 引脚						
$V_{th(sw)}$	开关阈值电压		0.7	-	3.5	V
$R_{pd(int)}$	内部下拉电阻		50	-	130	k Ω
串行外设接口输入；SDI、SCLK 和 CSB 引脚						
$V_{th(sw)}$	开关阈值电压		0.7	-	3.5	V
$V_{th(sw)hys}$	开关阈值电压迟滞		0.1	-	1.1	V
I_{IL}	低电平输入电流		-10	-	+10	μA
I_{IH}	高电平输入电流		15	40	110	μA
$R_{pd(int)SCLK}$	SCLK 引脚上的内部下拉电阻		50	-	130	k Ω
$R_{pd(int)CSB}$	CSB 引脚上的内部下拉电阻		50	-	130	k Ω
$R_{pd(int)SDI}$	SDI 引脚上的内部下拉电阻		50	-	130	k Ω
串行外设接口数据输出；引脚 SDO						
V_{OH}	高电平输出电压	$I_{OH} = -4\text{ mA}$	$0.9 \times V_{VCC}$	-	-	V
V_{OL}	低电平输出电压	$I_{OL} = 4\text{ mA}$	-	-	$0.1 \times V_{VCC}$	V
I_{OH}	高电平输出电流		-30.0	-	-1.6	mA
I_{OL}	低电平输出电流		1.6	-	30.0	mA
I_{LOZ}	断态输出漏电流	$V_{CSB} = V_{VCC}$ ； $V_O = 0\text{ V}$ 至 V_{VCC}	-5	-	+5	μA
温度保护						
$T_{sd(otp)}$	过温保护关断温度		165	175	185	$^\circ\text{C}$
ΔT_j	结温变化	$T_j = 130\text{ }^\circ\text{C}$ ；通过寄存器 0x26h 进行测量； ^[4]	-5	-	+5	$^\circ\text{C}$

- [1] 通过设计保证所有参数在虚拟结温范围内。工厂测试使用相关测试条件来覆盖规定的温度和电源电压范围。
 [2] 欠压锁定会拉低栅极引脚，但 IC 的其他功能保持运行。
 [3] 排除栅极驱动器总延迟和迟滞转换器比较器对负载和线路调节的影响。
 [4] 通过 $125\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下进行的晶圆测试保证。

12. 动态特性

表 36. 动态特性

最小值和最大值基于以下条件： $V_{VIN} = 10\text{ V}$ 至 80 V ， $V_{EN} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V ， $V_{VCC} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V ， $T_j = -40\text{ }^\circ\text{C}$ 至 $+175\text{ }^\circ\text{C}$ ^[1]。所有电压均基于 GND 定义；正电流流入 IC。典型值的条件为： $V_{VIN} = 40\text{ V}$ ， $V_{EN} = 5\text{ V}$ 以及 $V_{VCC} = 5\text{ V}$ ，除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{PWM}	PWM 频率		100	-	1000	Hz
Δ _{PWM}	PWM 占空比		0	-	100	%
t _{d(on)PWM}	PWM 导通延迟时间	LED 电流的 90%	-	-	100	μs
t _{d(off)PWM}	PWM 关断延迟时间	LED 电流的 10%	-	-	100	μs
t _{d(i)PWM}	PWM 输入延迟时间	包括升压启动时间	-	20	-	ms
f _{DCDC}	DC-DC 转换器频率		100	-	2000	kHz
t _{on(drv)G(max)}	一个栅极驱动器的最大导通时间		-	1	-	ms
t _{d(drv)G}	栅极驱动器延迟时间	栅极驱动器的总延迟和迟滞转换器的比较器 ^[2]	25	-	75	ns
		栅极驱动器的总延迟和迟滞转换器的比较器 ^[3]	10	-	75	ns
t _{blank}	消隐时间	开关后感测放大器	70	-	130	ns
t _{off(drv)G(min)}	一个栅极驱动器的最小关断时间		-	125	-	ns
串行外设接口时序；CSB、SCLK、SDI 和 SDO 引脚						
t _{cy(clk)}	时钟周期时间		285	-	-	ns
t _{SPILEAD}	SPI 使能前置时间		140	-	-	ns
t _{SPILAG}	SPI 使能迟滞时间		140	-	-	ns
t _{clk(H)}	时钟高电平时间		140	-	-	ns
t _{clk(L)}	时钟低电平时间		140	-	-	ns
t _{su(D)}	数据输入建立时间		50	-	-	ns
t _{h(D)}	数据输入保持时间		50	-	-	ns
t _{v(Q)}	数据输出有效时间	引脚 SDO；C _L = 50 pF	-	-	130	ns
t _{WH(S)}	芯片选择脉冲宽度 HIGH		285	-	-	ns
t _{d(SPI)}	SPI 延迟时间	EN = 0 V -> 5 V	-	-	100	μs
t _{rst(reg)}	寄存器复位时间	所有寄存器复位至默认值的时间 EN = 0 V -> 5 V	-	-	400	μs
G1、G2 和 G3 引脚的栅极驱动器特性						
t _{ch(G)}	栅极充电时间	20 %至 80 %； V _{bsx} - LXx = 10 V； C _{gate} = 1000 pF			50	ns
t _{dch(G)}	栅极放电时间	20 %至 80 %； V _{bsx} - LXx = 10 V； C _{gate} = 1000 pF			25	ns
t _p	脉冲持续时间	应用于 BS 引脚				
		充电脉冲时间	-	80	-	μs
		充电脉冲的周期	-	360	-	μs

表 36. 动态特性...续

最小值和最大值基于以下条件: $V_{VIN} = 10\text{ V}$ 至 80 V , $V_{EN} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V , $V_{VCC} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V , $T_j = -40\text{ }^\circ\text{C}$ 至 $+175\text{ }^\circ\text{C}$ 。所有电压均基于 GND 定义; 正电流流入 IC。典型值的条件为: $V_{VIN} = 40\text{ V}$, $V_{EN} = 5\text{ V}$ 以及 $V_{VCC} = 5\text{ V}$, 除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电压测量						
t_{meas}	测量时间	输出电压测量周期	-	80	-	μs
$t_{meas(LED)}$	LED 测量时间	PWM 引脚为静态时的 LED 电压测量更新周期	-	16	-	ms
		VIN 电压测量周期	-	15	-	μs
		LV 裕量检测	-	8	-	μs
VGG 特性						
$t_{err(startup)}$	启动错误时间	启动时检测到 VGG 错误的时间	-	20.2	-	ms
$t_{err(oper)}$	操作错误时间	运行期间检测到 VGG 错误的时间	-	200	-	μs

- [1] 通过设计保证所有参数在虚拟结温范围内。工厂测试使用相关测试条件来覆盖规定的温度和电源电压范围。
- [2] 降低迟滞跳变点直到外部 FET 导通。
- [3] 提高迟滞跳变点直到外部 FET 关断。

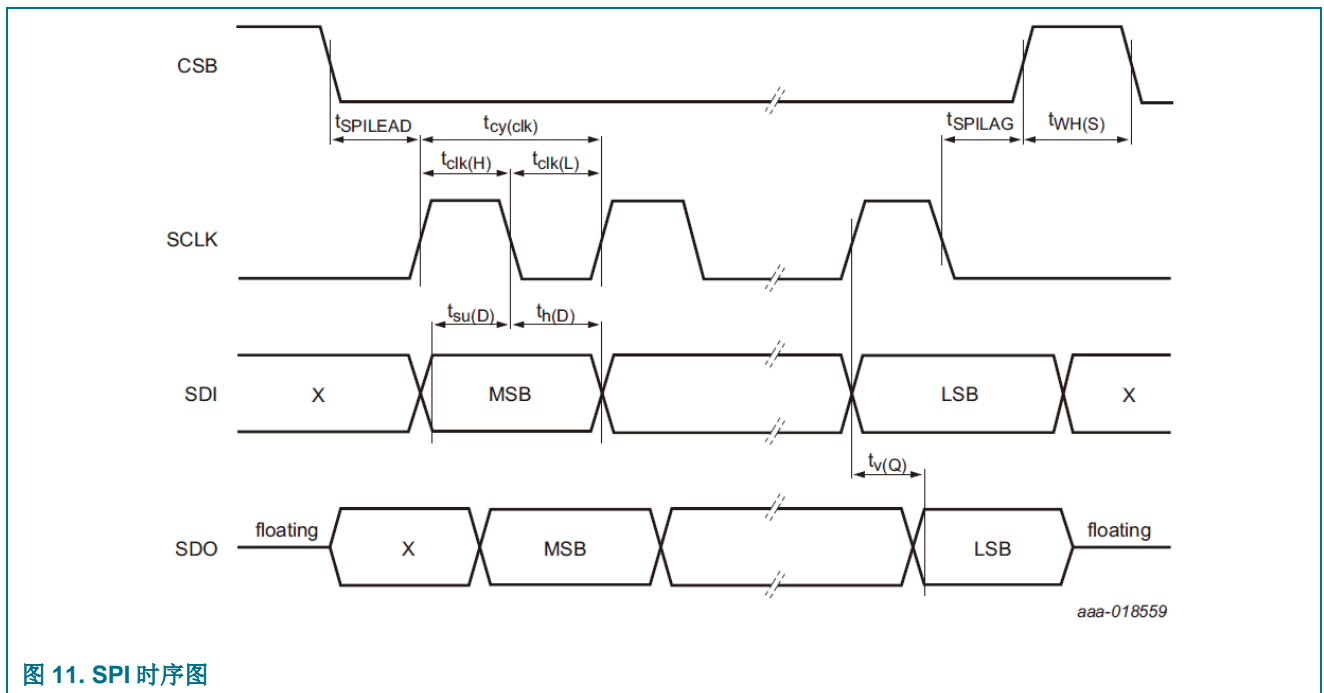


图 11. SPI 时序图

13. 应用信息

图 12 为 ASL3416SHN 在典型外部前照灯应用中驱动 3 个独立 LED 串的示例。

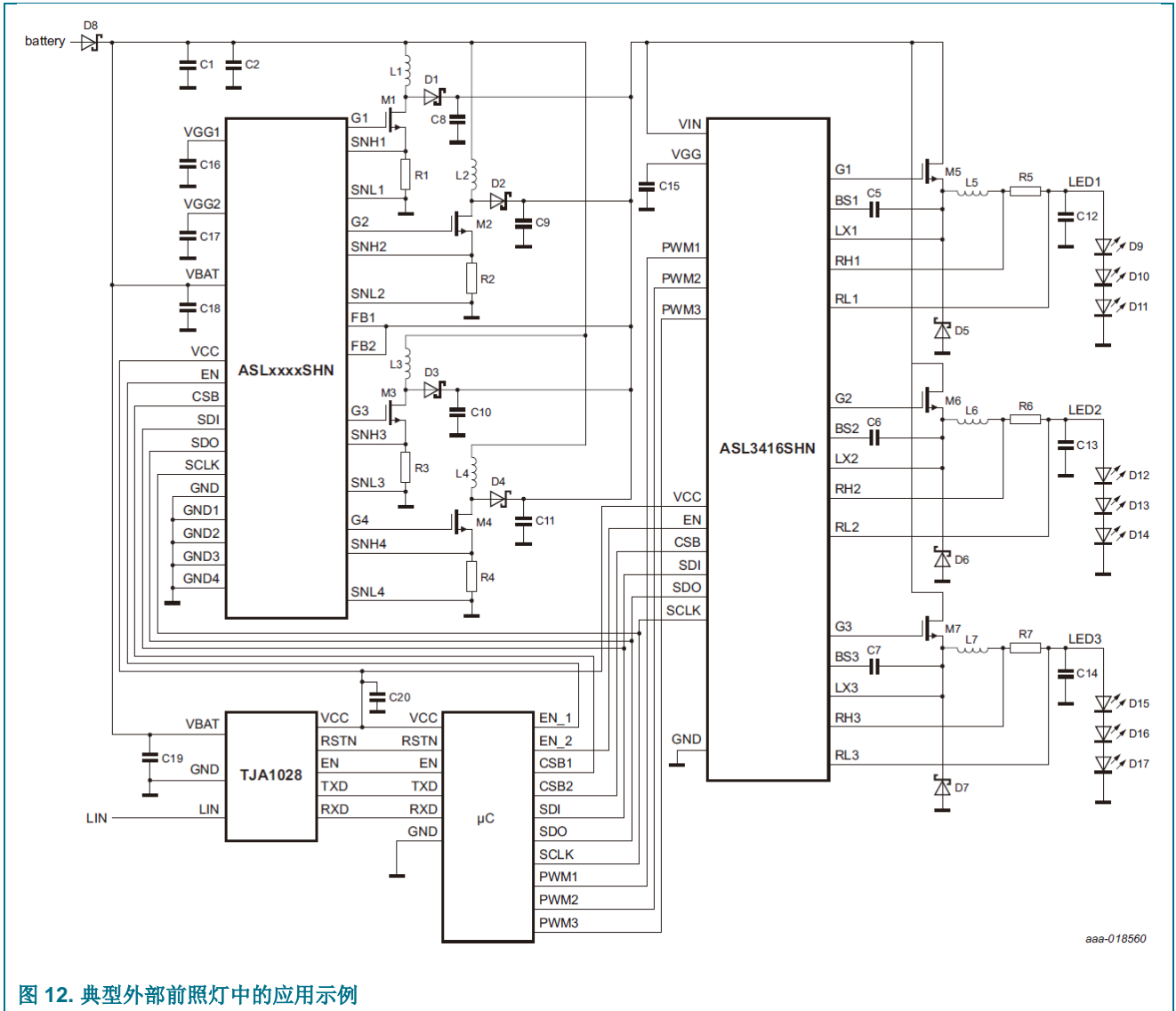


图 12. 典型外部前照灯中的应用示例

14. 测试信息

14.1 质量信息

本产品已通过汽车电子委员会 Q100—基于失效机制的集成电路应力测试认证，适用于汽车应用。

15. 封装尺寸

HVQFN32: 塑料散热增强型超薄四侧扁平封装; 无引脚;
32 个端子; 主体尺寸 5 x 5 x 0.85 mm

SOT617-12

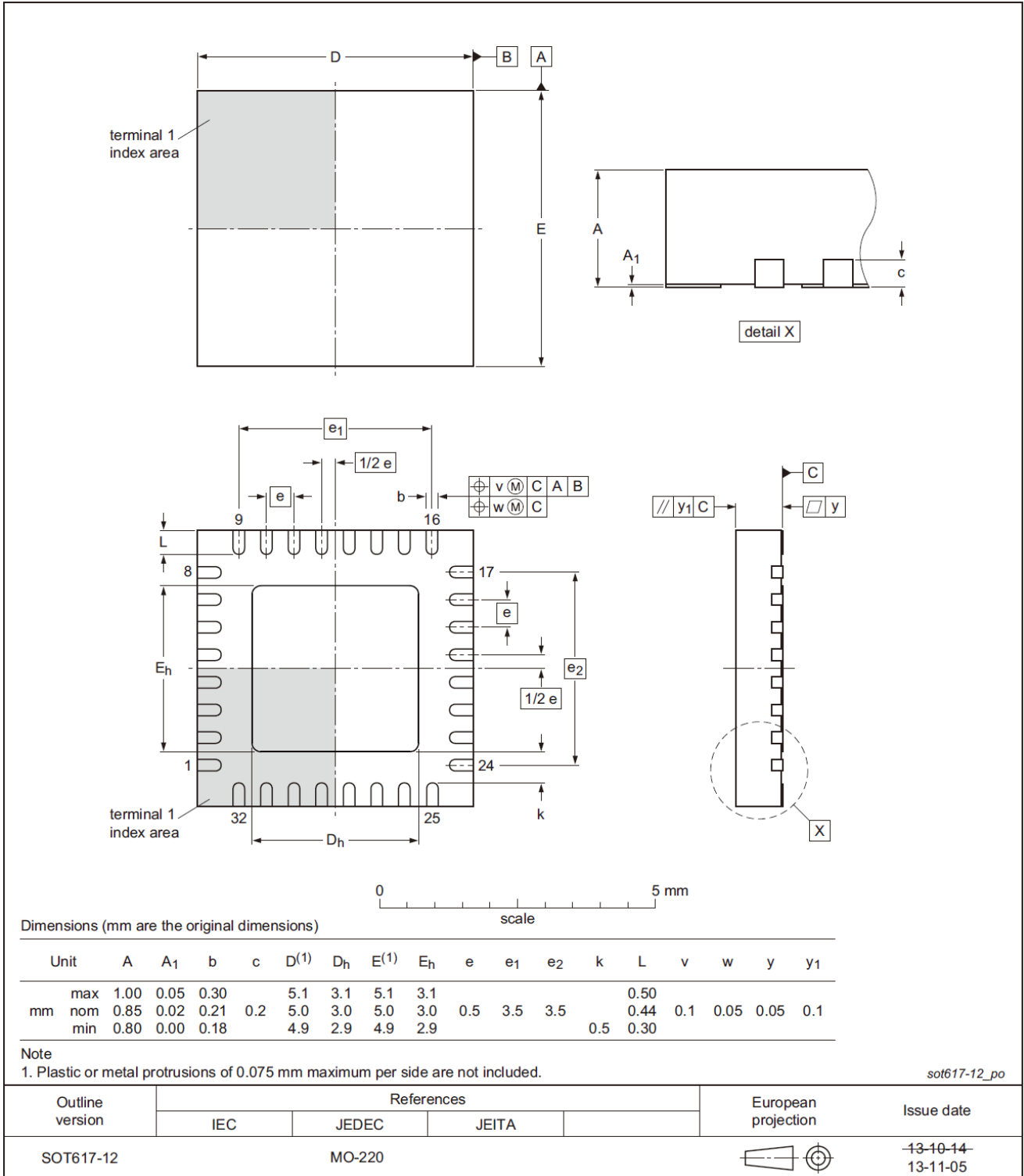


图 13. HVQFN32 封装尺寸

16. 修订记录

表 37. 修订记录

文档 ID	发布日期	数据手册状态	更改说明	取代版本
ASL3416SHN v.6	20190916	产品数据手册	-	ASL3416SHN v.5.1
变更内容:	<ul style="list-style-type: none"> ● 第 8.5.1 节: 更正了计算示例的结果 ● 表 19: 更改了 VGG 设置的公式 ● 表 35: 澄清了最小 LED 输出电流 			
ASL3416SHN v.5.1	20171026	产品数据手册	-	ASL3416SHN v.5
变更内容:	<ul style="list-style-type: none"> ● 第 8.9 节: 澄清了超过限值 			
ASL3416SHN v.5	20170222	产品数据手册	-	ASL3416SHN v.4.1
变更内容:	<ul style="list-style-type: none"> ● 更新了电压转换公式 ● 图 10: 已更新 ● 等式 4 和等式 5: 已更新 ● 表 35: 更改了低裕量关断电压最大值 			
ASL3416SHN v.4.1	20160602	产品数据手册	-	ASL3416SHN v.4
变更内容:	<ul style="list-style-type: none"> ● 表 6 “LED 电流通道 1 寄存器, 地址 0x02h”、表 7 “LED 电流通道 2 寄存器, 地址 0x03h” 和表 8 “LED 电流通道 3 寄存器, 地址 0x04h” 更新了一些值。 ● 表 35 “静态特性” 中增加了一些内容 			
ASL3416SHN v.4	20160413	产品数据手册	-	ASL3416SHN v.3
变更内容:	<ul style="list-style-type: none"> ● 表 33 “限值” 和表 36 “动态特性” 更新了一些值 ● 对整个数据手册进行了文本更正。 ● 规格状态更改为产品数据手册。 			
ASL3416SHN v.3	20150925	初始数据手册	-	ASL3416SHN v.2
变更内容:	<ul style="list-style-type: none"> ● 对整个数据手册进行了少量文本更正。 ● 表 33 “限值”、表 35 “静态特性” 和表 36 “动态特性” 更新了一些值 			
ASL3416SHN v.2	20150818	初始数据手册	-	ASL3416SHN v.1
变更内容:	<ul style="list-style-type: none"> ● 对图 11 进行了细微修正。 ● 更正了文本, 与 ASLxxxxSHN 系列数据手册保持一致。 ● 一些符号遵循恩智浦标准更新。 			
ASL3416SHN v.1	20150716	初始数据手册	-	-

17. 法律信息

17.1 数据手册状态

文档状态 ^{[1][2]}	产品状态 ^[3]	定义
客观[缩略版]数据手册	开发	该文档包含产品开发客观规范的数据。
初始[缩略版]数据手册	验证	该文档含有初始规范的数据。
产品[缩略版]数据手册	生产	该文档含有产品规范。

[1] 请在开始或完成设计之前查看最新发布文件。

[2] 有关“缩略版数据手册”的说明见“定义”部分。

[3] 自本文件发布以来，文件中的器件产品状态可能已发生变化；如果存在多个器件，则可能存在差异。最新产品状态信息通过互联网发布，网址为：<http://www.nxp.com>。

17.2 定义

初稿——本文仅为初稿版本。内容仍在内部审查，尚未正式批准，可能会有进一步修改或补充。恩智浦半导体对本文信息的准确性或完整性不做任何说明或保证，并对因使用此信息而带来的后果不承担任何责任。

缩略版数据手册——缩略版数据手册是产品型号和标题完全相同的完整版数据手册的节选。缩略版数据手册仅供快速参考使用，不包括详细和完整的信息。欲了解详细、完整的信息，请查看相关的完整版数据手册，可向当地的恩智浦半导体销售办事处索取。如完整版与缩略版存在任何不一致或冲突，请以完整版为准。

产品规格——产品数据手册中提供的信息和数据规定了恩智浦半导体与其客户之间约定的产品规格，恩智浦半导体及客户另行书面说明时除外。在任何情况下，若协议认为恩智浦半导体产品需要具有超出产品数据手册规定的功能和质量，则该协议无效。

17.3 免责声明

有限保证和责任——本文中的信息据信是准确和可靠的。但是，恩智浦半导体对此处所含信息的准确性或完整性不做任何明示或暗示的声明或保证，并对因使用此信息而带来的后果不承担任何责任。若文中信息并非来自恩智浦半导体，则恩智浦半导体对该信息的内容概不负责。

在任何情况下，对于任何间接性、意外性、惩罚性、特殊性或后果性损害（包括但不限于利润损失、积蓄损失、业务中断、因拆卸或更换任何产品而产生的开支或返工费用），无论此等损害是否基于侵权行为（包括过失）、保证、违约或任何其他法理，恩智浦半导体均不承担任何责任。

对于因任何原因给客户带来的任何损害，恩智浦半导体对本文所述产品的总计责任和累积责任仅限于恩智浦半导体 *商业销售条款和条件* 所规定的范围。

修改权利——恩智浦半导体保留对本文所发布的信息（包括但不限于规格和产品说明）随时进行修改的权利，恕不另行通知。本文档将取代并替换之前就此提供的所有信息。

汽车应用中的适用性——恩智浦半导体的这款产品已经通过认证，适用于汽车应用。除另有书面约定外，产品并非设计、授权或担保适用于生命保障、生命关键或安全关键系统或设备，亦非设计、授权或担保适用于在恩智浦半导体产品失效或故障时可导致人员受伤、死亡或严重财产或环境损害的应用。恩智浦半导体及其供应商对在此类设备或应用中加入和/或使用恩智浦半导体产品不承担任何责任，客户需自行承担因加入和/或使用恩智浦半导体产品而带来的风险。

应用——本档所述任何产品的应用只用于论证目的。此类应用如不经进一步测试或修改用于特定用途，恩智浦半导体对其适用性不做任何声明或保证。

客户负责自行利用恩智浦半导体产品进行设计 and 应用，对于应用或客户产品设计，恩智浦半导体无义务提供任何协助。客户须自行负责检验恩智浦半导体的产品是否适用于其规划的应用和产品，以及是否适用于其第三方客户的规划应用和使用。客户须提供适当的设计和操作系统安全保障措施，以尽可能降低与应用和产品相关的风险。

对于因客户的应用或产品中的任何缺陷或故障，或者客户的第三方客户的应用或使用导致的任何故障、损害、费用或问题，恩智浦半导体均不承担任何责任。客户负责对自己基于恩智浦半导体的产品的应用和产品进行所有必要测试，以避免这些应用和产品或者客户的第三方客户的应用或使用存在任何缺陷。恩智浦不承担与此相关的任何责任。

限值——超过一个或多个限值（如 IEC 60134 绝对最大额定值体系所规定）会给设备带来永久性损坏。限值仅为强度额定值，若器件工作于这些条件下或者超过“建议工作条件部分”（若有）或者本文档“特性”部分规定的条件下，则不在担保范围之内。持续或反复超过限值将对器件的质量和可靠性造成永久性、不可逆转的影响。

商业销售条款和条件——除非有效书面单项协议另有规定，恩智浦半导体产品的销售遵循关于商业销售的一般条款和条件，详见 <http://www.nxp.com/profile/terms>。如果只达成了单项协议，则该协议的条款和条件适用。恩智浦半导体特此明确反对，应用客户就其购买恩智浦半导体的产品而制定的一般条款和条件。

无销售或许可要约——本文档中的任何信息均不得被理解或解释为对承诺开放的销售产品的要约，或者授予、让与或暗示任何版权、专利或其他工业或知识产权的任何许可。

出口管制——本文档以及此处说明的产品可能受出口法规的管制。出口可能需要事先经主管部门批准。

翻译——非英文（翻译）版的文档仅供参考。如翻译版与英文版存在任何差异，以英文版为准。

安全性——虽然恩智浦半导体实施了高级安全功能，但所有产品都可能存在尚未明确的漏洞。客户需要对其应用和产品的设计和运行负责，减少这些漏洞对客户应用和产品的影响；恩智浦半导体对发现的任何漏洞不承担任何责任。客户须实施适当的设计和操作系统安全保障措施，以尽可能降低与应用和产品相关的风险。

17.4 商标

注意：所有引用的品牌、产品名称、服务名称以及商标均为其各自所有者的资产。

18. 联系信息

更多详情，请访问：<http://www.nxp.com>

欲咨询销售办事处地址，请发送电子邮件至：salesaddresses@nxp.com

19. 表

表 1. 订购信息.....	3	表 20. 结温寄存器, 地址 0x26h	14
表 2. 引脚说明 ^[1]	4	表 21. 诊断寄存器 1, 地址 0x37h	15
表 3. VIN 电压测量寄存器, 地址 0x38h ^[1]	7	表 22. VIN_stat 对器件功能的影响	16
表 4. 欠压阈值寄存器 (地址 0x0Fh)	7	表 23. CR 复制脉冲寄存器, 地址 0x06h	17
表 5. LED 电流范围寄存器, 地址 0x05h.....	8	表 24. 诊断寄存器 2, 地址 0x36h	17
表 6. LED 电流通道 1 寄存器, 地址 0x02h	8	表 25. 诊断寄存器 3, 地址 0x35h	18
表 7. LED 电流通道 2 寄存器, 地址 0x03h	8	表 26. BS UV 寄存器 - 读访问, 地址 0x34h	19
表 8. LED 电流通道 3 寄存器, 地址 0x04h	8	表 27. BS_UV 寄存器 - 写访问, 地址 0x34h	19
表 9. 迟滞通道 1 寄存器, 地址 0x0Bh	9	表 28. 转换到器件的 SPI 帧格式	21
表 10. 迟滞通道 2 寄存器, 地址 0x0Ch	9	表 29. 从器件转换的 SPI 帧格式	21
表 11. 迟滞通道 3 寄存器, 地址 0x0Dh	9	表 30. 寄存器空间分组	23
表 12. LED 开启电压通道 1 寄存器, 地址 0x20h	11	表 31. 控制寄存器分组概述	24
表 13. LED 关闭电压通道 1 寄存器, 地址 0x21h	11	表 32. 诊断寄存器分组概述	24
表 14. LED 开启电压通道 2 寄存器, 地址 0x22h	11	表 33. 限值	25
表 15. LED 关闭电压通道 2 寄存器, 地址 0x23h	12	表 34. 外部电路准则	26
表 16. LED 开启电压通道 3 寄存器, 地址 0x24h	12	表 35. 静态特性	28
表 17. LED 关闭电压通道 3 寄存器, 地址 0x25h	12	表 36. 动态特性	30
表 18. 功能控制寄存器 (地址 0x00h)	13	表 37. 修订记录	34
表 19. VGG 控制寄存器, 地址 0x01h	13		

20. 图

图 1. 功能框图.....	3
图 2. 引脚配置.....	4
图 3. 状态图	6
图 4. SPI 时序协议	20
图 5. SPI 帧格式.....	21
图 6. 菊花链配置	21
图 7. 物理并行从机连接	22
图 8. SPI 帧格式.....	23
图 9. 外部器件.....	26
图 10. ASL3416SHN 热设计模型	27
图 11. SPI 时序图.....	31
图 12. 典型外部前照灯中的应用示例	32
图 13. HVQFN32 封装尺寸	33

21. 目录

1. 简介	1	8.12.2 诊断寄存器 2	17
2. 概述	1	8.12.2.1 PWM 切换信息 (PWM1、PWM2 和 PWM3 位)	18
3. 特性和优势	2	8.12.3 诊断寄存器 3	18
4. 应用	2	8.12.3.1 低电压裕量警告	18
5. 订购信息	3	8.12.3.2 输出电流状态	18
6. 功能框图	3	8.12.3.3 寄存器内容	18
7. 引脚配置信息	4	8.12.4 诊断寄存器 4	19
7.1 引脚配置	4	8.12.4.1 自举欠压检测	19
7.2 引脚说明	4	8.13 SPI	20
8. 功能说明	6	8.13.1 简介	20
8.1 工作模式	6	8.13.2 典型用例说明 (写/读)	22
8.1.1 关闭模式	6	8.13.3 SPI 接口诊断	23
8.1.2 工作模式	6	8.13.4 寄存器映射	23
8.1.3 欠压模式	6	8.13.4.1 控制寄存器	24
8.1.4 故障静音模式	6	8.13.4.2 诊断寄存器	24
8.2 降压转换器	7	9. 限值	25
8.3 输入电压测量	7	9.1 外部电路	26
8.4 输入欠压检测	7	10. 热学特性	27
8.5 输出电流可编程性	7	10.1 ASL3416SHN 热设计模型	27
8.5.1 输出目标电流编程	7	11. 静态特性	28
8.5.2 通过 SPI 进行迟滞编程	9	12. 动态特性	30
8.5.3 过流保护	11	13. 应用信息	32
8.5.4 输出诊断	11	14. 测试信息	32
8.6 输出电压测量	11	14.1 质量信息	32
8.7 外部 PWM 输入	12	15. 封装尺寸	33
8.7.1 PWM 引脚控制	12	16. 修订记录	34
8.7.2 PWM 功能诊断	12	17. 法律信息	35
8.8 功能控制寄存器	12	17.1 数据手册状态	35
8.9 栅极电压电源	13	17.2 定义	35
8.9.1 栅极电压电源诊断	14	17.3 免责声明	35
8.10 结温信息	14	17.4 商标	36
8.11 自举充电机制	14	18. 联系信息	36
8.11.1 自举充电保持	15	19. 表	37
8.12 诊断信息	15	20. 图	37
8.12.1 诊断寄存器 1	15	21. 目录	38
8.12.1.1 VIN_stat 位	15		
8.12.1.2 SPI_err 位	16		
8.12.1.3 位 Tj_err	16		
8.12.1.4 位 VGG_err	16		
8.12.1.5 位 VGG_ok	16		
8.12.1.6 I-CH1、I-CH2 和 I-CH3 位	17		
8.12.1.7 CR 复制脉冲	17		

注意：关于本文档及相关产品的重要说明详见“法律信息”一节。

© 恩智浦半导体 2019.

保留所有权利。

欲了解更多信息，请访问：<http://www.nxp.com>

欲了解更多信息，请访问：salesaddresses@nxp.com

发布日期：2019年9月16日

文档编号：ASL3416SHN