

ASL4501SHN

四相升压转换器

第 2 版—2018 年 1 月 10 日

产品数据手册

1. 简介

ASL4501SHN 是一款高度集成且灵活的四相 DC-DC 升压转换器 IC。它有一个串行外设接口(SPI)，可与外部微控制器进行控制和诊断通信。

这款 IC 主要设计用于汽车 LED 照明应用，并为 ASLx41xSHN 多通道 LED 降压驱动器提供优化的电源电压。

2. 概述

ASL4501SHN 采用固定频率峰值电流模式控制，具有抛物线/非线性斜率补偿功能。它的工作输入电压为 5.5 V 至 40 V，可通过 SPI 配置为高达 80 V 的输出电压，为 LED 降压驱动器 IC 供电。

ASL4501SHN 是一款四相转换器，提供两个独立输出。这款驱动器可通过 SPI 灵活配置为单个输出转换器，也可配置为多个输出和相位的多种组合。

ASL4501SHN 升压转换器可利用内部可调稳压电源驱动最多 4 个外部低边 N 沟道金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)。它可用于驱动逻辑或标准电平 MOSFET。

集成 SPI 接口支持对电源欠压/过压范围、输出电压范围和 DC-DC 开关频率进行编程。它可优化外部器件并提高电磁兼容性(EMC)设计的灵活性。该接口还可用于提供驱动器温度等诊断信息。

其他特性包括防止出现高达 60 V 的负载突降瞬变电压，以及在 ASL4501SHN 结温超过 +175°C 时进行热关断。

本器件采用非常小的 HVQFN32 引脚封装，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，可在 -40°C 至 +125°C 汽车环境温度范围内运行。



3. 特性和优势

- ASL4501SHN 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 $+125^{\circ}\text{C}$
- 宽工作输入电压范围: 5.5 V 至 40 V
- 输出电压可通过 SPI 编程
- 多相运行, 以实现更高功率
- 每个输出最多 4 相
- 最多两个灵活的输出电压, 精度为 3%, 可通过 SPI 编程
- 两个输出电压可独立控制
- 通过内置振荡器实现固定频率运行
- 斜率补偿可跟踪频率和输出电压
- 可编程控制环路补偿
- 快速高效的场效应晶体管(FET)开关
- 可编程内部栅极驱动稳压器
- 当检测到输出过压时, 停止栅极开关
- 支持逻辑电平和标准电平 FET
- 低电磁辐射(EME)和高电磁干扰耐受能力(EMI)
- 输出电压监控
- 电源电压测量
- 通过控制信号使能器件
- 通过 SPI 回读编程电压和频率范围
- 通过 SPI 监控结温
- 小尺寸封装 HVQFN32
- 当 $\text{EN} = 0$ 时, 25°C 下的低静态电流 $< 5 \mu\text{A}$
- 精确地将同相功耗分配至一个输出

4. 应用

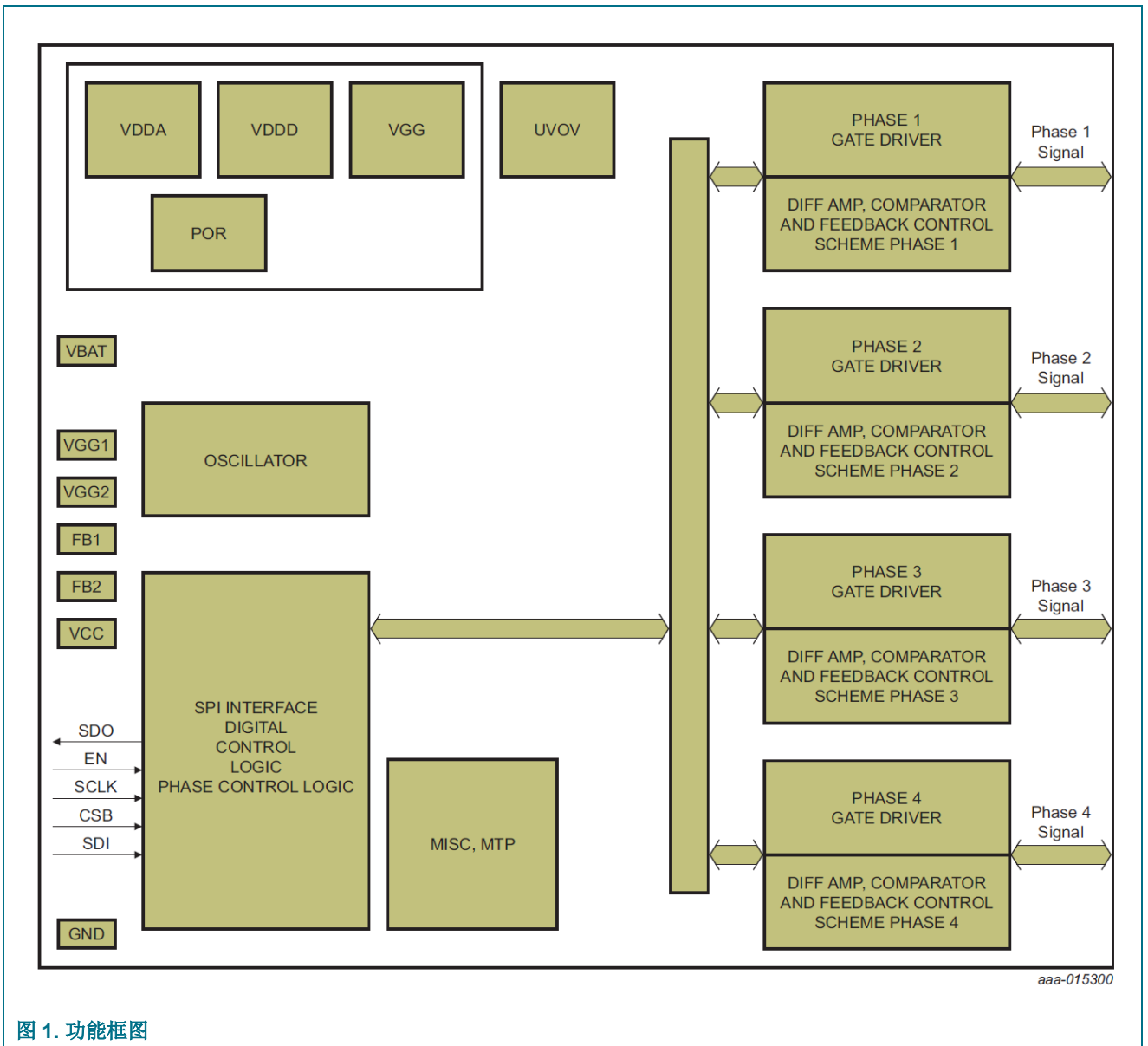
- 汽车 LED 照明
 - ◆ 近光灯
 - ◆ 远光灯
 - ◆ 日行灯
 - ◆ 转向指示灯
 - ◆ 示廓灯或驻车灯
 - ◆ 前雾灯
 - ◆ 转向灯
 - ◆ 先进的前照灯

5. 订购信息

表 1. 订购信息

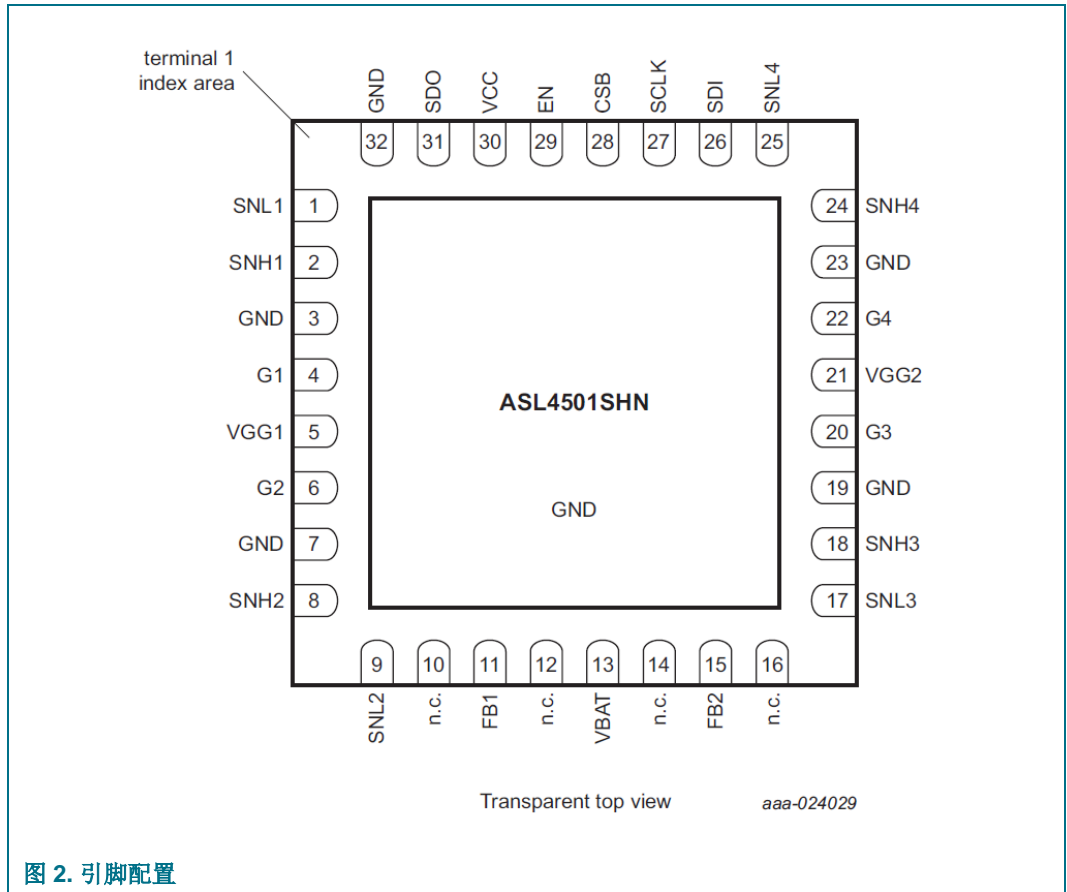
型号	封装		版本
	名称	说明	
ASL4501SHN	HVQFN32	塑料散热增强型超薄四侧扁平封装；无引脚；32 个端子； 主体尺寸 5 x 5 x 0.85 mm	SOT617-12

6. 功能框图



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
SNL1	1	相位 1 检测低电平
SNH1	2	相位 1 检测高电平
GND	3	接地
G1	4	相位 1 栅极驱动器
VGG1	5	栅极驱动器电源 ^{1[2]}
G2	6	相位 2 栅极驱动器
GND	7	接地
SNH2	8	相位 2 检测高电平
SNL2	9	相位 2 检测低电平
n.c.	10	未连接
FB1	11	反馈; 待连接至 Vout1[3]
n.c.	12	未连接
VBAT	13	电池电源
n.c.	14	未连接

表 2. 引脚说明^[1] ...续

符号	引脚	说明
FB2	15	反馈；待连接至 Vout2 ^[3]
n.c.	16	未连接
SNL3	17	相位 3 检测低电平
SNH3	18	相位 3 检测高电平
GND	19	接地
G3	20	相位 3 栅极驱动器
VGG2	21	栅极驱动器电源 2 ^[2]
G4	22	相位 4 栅极驱动器
GND	23	接地
SNH4	24	相位 4 检测高电平
SNL4	25	相位 4 检测低电平
SDI	26	SPI 数据输入
SCLK	27	SPI 时钟
CSB	28	SPI 芯片选择
EN	29	使能信号
VCC	30	外部 5 V 电源
SDO	31	SPI 数据输出
GND	32	芯片接地

[1] 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）。

[2] VGG1 和 VGG2 在内部连接。

[3] 有关 FB1 引脚和 FB2 引脚的建议连接，参见图 4 和图 14。

8. 功能说明

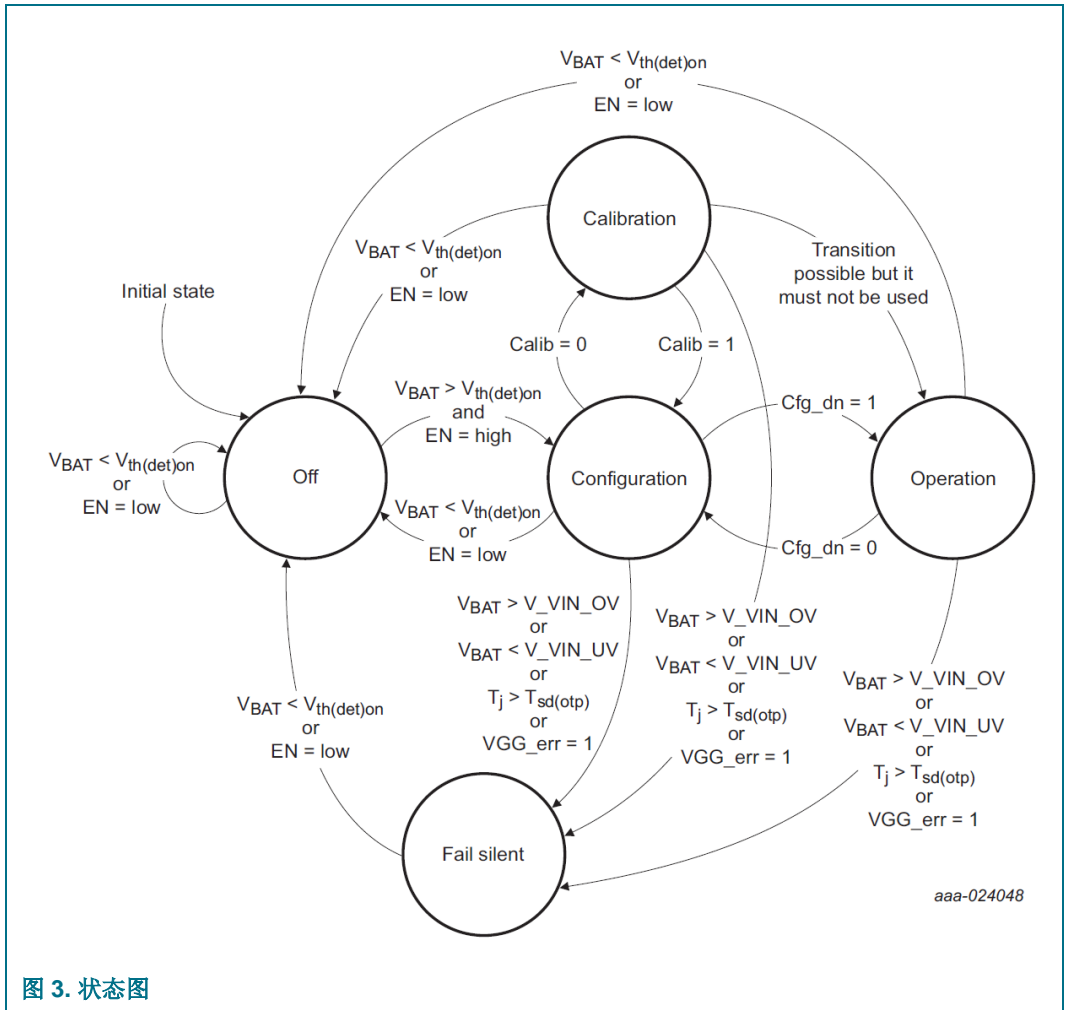


图 3. 状态图

8.1 工作模式

表 3. 工作模式

模式	控制寄存器	配置寄存器	诊断寄存器	VGG	Vout1 Vout2	备注
关	不适用	不适用	不适用	关	关	器件关闭，无法通信
配置	读/写	读/写	读	关	关	如果之前未使能任何输出，则 VGG 关闭
			读	依据寄存器	关	一旦使能了其中一个输出，VGG 就会打开
工作	读/写	读	读	已锁定	依据寄存器	配置寄存器已锁定
故障静音	读/写	读	读 ^[1]	关	关	可进行通信，但所有输出关闭；可通过 EN 重启
校准	读/写	读/写	读	必须打开	必须关闭	为确保成功校准，器件必须配置正确，VGG 必须打开，且输出关闭；可在器件配置之后，通过将 <code>cfg_dn</code> 设置为 HIGH 和 LOW 来实现

[1] 将 `cfg_dn` 位设置为逻辑 0 可使配置寄存器具有写访问权限。

8.1.1 关闭模式

如果输入电压低于上电检测阈值电压($V_{th(det)pon}$)或 EN 引脚为 LOW，则 ASL4501SHN 切换至关闭模式。

在关闭模式下，SPI 和所有输出均关闭。

8.1.2 配置模式

当输入电压高于上电检测阈值电压($V_{th(det)pon}$)且 EN 引脚为 HIGH 时，则 ASL4501SHN 立即从关闭模式切换至配置模式。

当 ASL4501SHN 处于配置模式时，配置寄存器可被设置。

8.1.3 工作模式

一旦配置完成位被置位，ASL4501SHN 就会从配置模式切换至工作模式。一旦该位被置位，配置寄存器就会被锁定且无法更改。

在工作模式下，输出可通过 SPI 配置。设置位 `Vout1en` 或 `Vout2en` 可启动栅极驱动器。一旦栅极驱动器处于调节状态，则由 `VGG_ok` 位发出信号，相应的编程目标电压开启。当转换器开启时，电池监控功能可用。

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，ASL4501SHN 从工作模式切换至故障静音模式。当输入电压低于欠压检测阈值或高于过压检测阈值时，ASL4501SHN 也会切换模式。

在故障静音模式下，所有输出均关闭，且只有 SPI 保持运行。

8.2 升压转换器配置

ASL4501SHN 是一款自动升压转换器 IC，可向负载提供恒定 DC-DC 电压。它具有固定频率电流模式控制功能，可实现更稳定的运行。

ASL4501SHN 具有四个相位，每个相位由线圈、电阻、MOSFET 和二极管组成，如 [图 4](#) 所示。

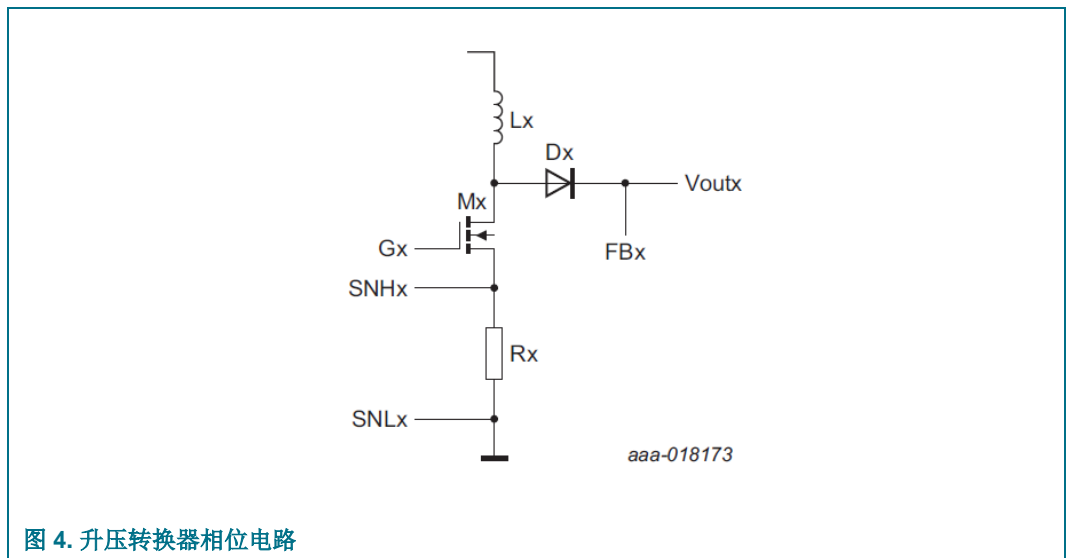
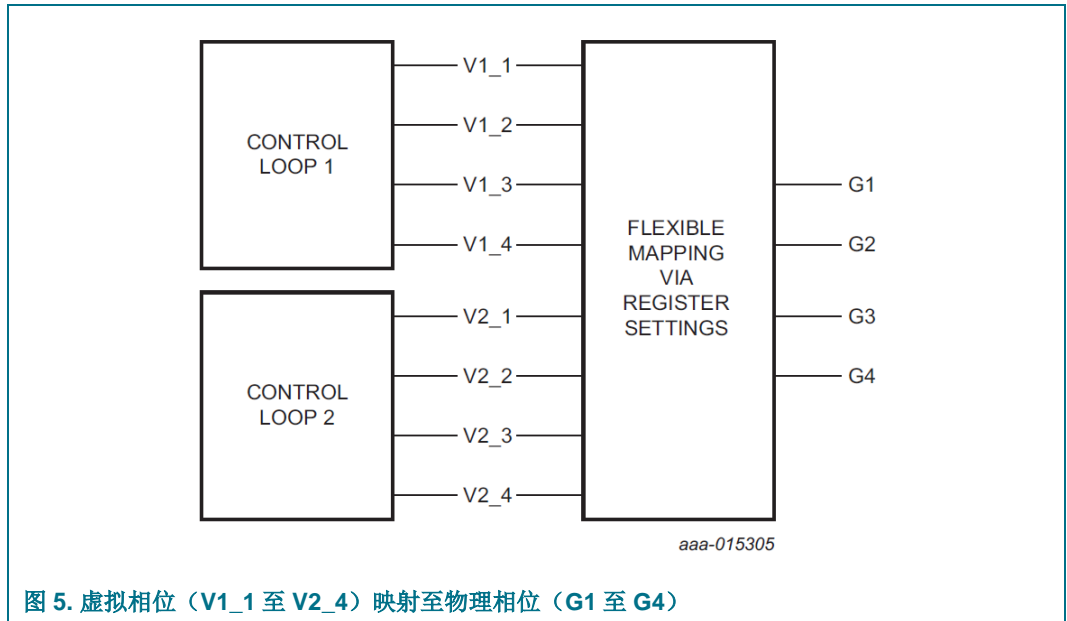


图 4. 升压转换器相位电路

为了能够灵活使用 ASL4501SHN，应基于虚拟相位进行配置。然后，根据 ASL4501SHN 周围电路的物理连接和条件，将虚拟相位映射至实际的物理相位，如 [图 5](#) 中所示。



8.2.1 虚拟相位配置

ASL4501SHN 可在最多两个虚拟输出上生成多达四个内部相位。利用内部相位控制使能寄存器，可选择为各个虚拟输出生成的虚拟相位数量。

表 4. 相位逻辑 1 的内部相位控制使能 (地址 0Bh)

位	符号	说明	值	功能
7 至 4	-	保留	0000	保留供日后使用：保持清零
3	EN_P4_1	相位 4 使能	0	相位 4 关闭
			1	相位 4 使能
2	EN_P3_1	相位 3 使能	0	相位 3 关闭
			1	相位 3 使能
1	EN_P2_1	相位 2 使能	0	相位 2 关闭
			1	相位 2 使能
0	EN_P1_1	相位 1 使能	0	相位 1 关闭
			1	相位 1 使能

表 5. 相位逻辑 2 的内部相位控制使能 (地址 0Ch)

位	符号	说明	值	功能
7 至 4	-	保留	0000	保留供日后使用：保持清零
3	EN_P4_2	相位 4 使能	0	相位 4 关闭
			1	相位 4 使能
2	EN_P3_2	相位 3 使能	0	相位 3 关闭
			1	相位 3 使能
1	EN_P2_2	相位 2 使能	0	相位 2 关闭
			1	相位 2 使能
0	EN_P1_2	相位 1 使能	0	相位 1 关闭
			1	相位 1 使能

8.2.2 物理相位与输出电压的关联

ASL4501SHN 提供的相位必须与输出相关联。

表 6. 栅极驱动器输出（地址 02h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 4	-	保留	0000	保留供日后使用：保持清零
3	O_G4	关联相位 4	0	相位 4 连接至 Vout1
			1	相位 4 连接至 Vout2
2	O_G3	关联相位 3	0	相位 3 连接至 Vout1
			1	相位 3 连接至 Vout2
1	O_G2	关联相位 2	0	相位 2 连接至 Vout1
			1	相位 2 连接至 Vout2
0	O_G1	关联相位 1	0	相位 1 连接至 Vout1
			1	相位 1 连接至 Vout2

8.2.3 连接相位与内部相位生成的关联

ASL4501SHN 提供的每个物理相位必须与输出的其中一个虚拟相位相关联。可通过栅极驱动器相位和相位选择配置寄存器来建立这种关联。

表 7. 栅极驱动器相位（地址 0Fh）

位	符号	说明	值	功能
7 至 4	-	保留	0000	保留供日后使用：保持清零
3	O_GP4	关联相位 4	0	相位 4 连接至相位逻辑 1
			1	相位 4 连接至相位逻辑 2
2	O_GP3	关联相位 3	0	相位 3 连接至相位逻辑 1
			1	相位 3 连接至相位逻辑 2
1	O_GP2	关联相位 2	0	相位 2 连接至相位逻辑 1
			1	相位 2 连接至相位逻辑 2
0	O_GP1	关联相位 1	0	相位 1 连接至相位逻辑 1
			1	相位 1 连接至相位逻辑 2

表 8. 相位选择配置（地址 10h）

位	符号	说明	值	功能
7 和 6	Phsel4[1:0]	相位选择栅极驱动器 4	0h	从相位 1 路由
			1h	从相位 2 路由
			2h	从相位 3 路由
			3h	从相位 4 路由
5 和 4	Phsel3[1:0]	相位选择栅极驱动器 3	0h	从相位 1 路由
			1h	从相位 2 路由
			2h	从相位 3 路由
			3h	从相位 4 路由

表 8. 相位选择配置（地址 10h） ...续

位	符号	说明	值	功能
3 和 2	Phsel2[1:0]	相位选择栅极驱动器 2	0h	从相位 1 路由
			1h	从相位 2 路由
			2h	从相位 3 路由
			3h	从相位 4 路由
1 和 0	Phsel1[1:0]	相位选择栅极驱动器 1	0h	从相位 1 路由
			1h	从相位 2 路由
			2h	从相位 3 路由
			3h	从相位 4 路由

8.2.4 使能连接的相位

栅极驱动器使能寄存器用于配置哪个相位处于活动状态。

表 9. 栅极驱动器使能（地址 01h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 4	-	保留	0000	保留供日后使用：保持清零
3	EN_G4	相位 4 使能	0	相位 4 关闭
			1	相位 4 使能
2	EN_G3	相位 3 使能	0	相位 3 关闭
			1	相位 3 使能
1	EN_G2	相位 2 使能	0	相位 2 关闭
			1	相位 2 使能
0	EN_G1	相位 1 使能	0	相位 1 关闭
			1	相位 1 使能

8.2.5 升压转换器频率配置

升压转换器的工作频率可通过多个 SPI 寄存器设置。为确保不同相位之间具有稳定的相位延迟，所有时序均源自同一振荡器。使用一个整数降低每个调整环路的内部振荡器频率。较慢的时钟用于控制相位的关闭时间。它还可以控制调整环路的一个相位与下一个内部相位之间的延迟。相位数量最终决定再次打开相位的时间，并定义升压转换器的工作频率。

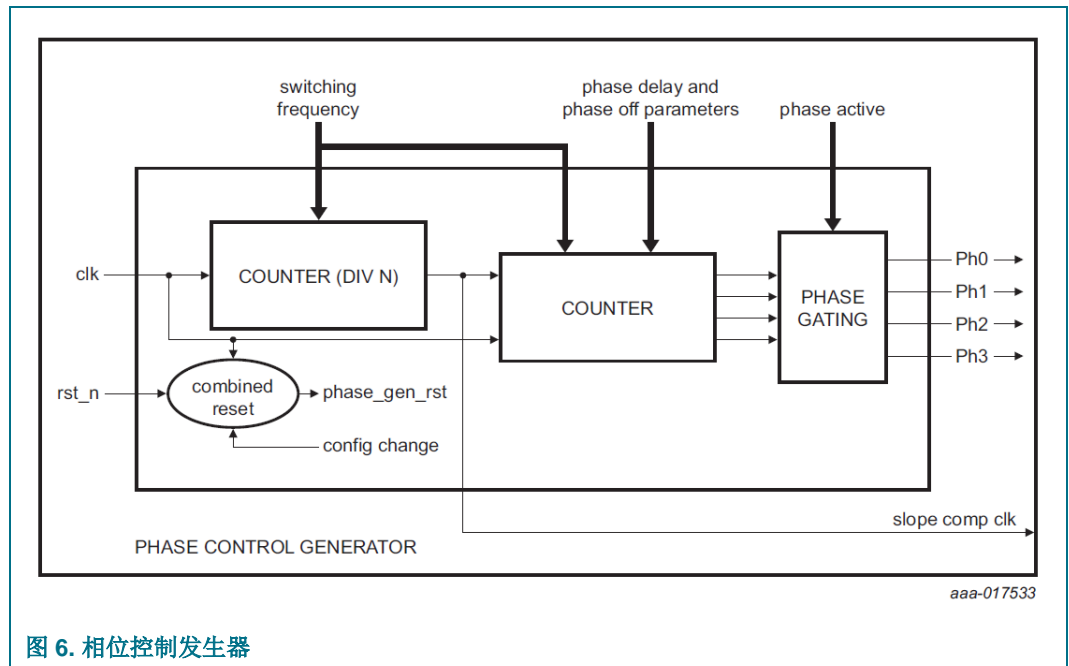


图 6. 相位控制发生器

表 10. Vout1 的时钟分频器（地址 09h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	Clkdiv1[7:0]	相位逻辑 1 的时钟分频器	00h	时钟未分频
			...	时钟按 Clkdiv1[7:0] + 1 分频
			FFh	时钟按 256 分频

表 11. Vout2 的时钟分频器（地址 0Ah）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	Clkdiv2[7:0]	相位逻辑 2 的时钟分频器	00h	时钟未分频
			...	时钟按 Clkdiv2[7:0] + 1 分频
			FFh	时钟按 256 分频

表 12. 输出 1 的断相时间和相位延迟（地址 0Dh）

位	符号	说明	值	功能
7 至 3	Phdel1[4:0]	至相位逻辑 1 的下一个相位延迟	0h	相位延迟为分频时钟的 1 个时钟周期
			...	相位延迟为分频时钟的 Phdel1[4:0] + 1 个时钟周期
			1Fh	相位延迟为分频时钟的 32 个时钟周期
2 至 0	Phoff1[2:0]	相位逻辑 1 的断相时间	0h	断相时间为分频时钟的 1 个时钟周期
			...	断相时间为分频时钟的 Phoff1[2:0] 个时钟周期
			7h	断相时间为分频时钟的 7 个时钟周期

表 13. 输出 2 的断相时间和相位延迟（地址 0Eh）

位	符号	说明	值	功能
7 至 3	Phdel2[4:0]	至相位逻辑 2 的下一个相位延迟	0h	相位延迟为分频时钟的 1 个时钟周期
			...	相位延迟为分频时钟的 Phdel2[4:0] + 1 个时钟周期
			1Fh	相位延迟为分频时钟的 32 个时钟周期
2 至 0	Phoff2[2:0]	相位逻辑 2 的断相时间	0h	断相时间为分频时钟的 1 个时钟周期
			...	断相时间为分频时钟的 Phoff2[2:0] 个时钟周期
			7h	断相时间为分频时钟的 7 个时钟周期

注：为获得最佳内部斜率补偿性能，确保相位之间的延迟设置尽可能接近 32。

8.2.6 控制环路参数设置

ASL4501SHN 能够与各种外部器件一起工作，并提供广泛的工作频率。为了在每组运行条件下实现最大性能，应根据外部器件和工作频率设置控制环路参数。

表 14. 环路滤波器比例配置 (地址 11h)

位	符号	说明	值	功能
7 至 4	Prop2[3:0]	比例因数输出 2	0h	比例因数输出 2 为 0.05
			...	比例因数输出 2 为 $\text{Prop2}[3:0] \times 0.05 + 0.05$
			Fh	比例因数输出 2 为 0.8
3 至 0	Prop1[3:0]	比例因数输出 1	0h	比例因数输出 1 为 0.05
			...	比例因数输出 1 为 $\text{Prop1}[3:0] \times 0.05 + 0.05$
			Fh	比例因数输出 1 为 0.8

表 15. 环路滤波器积分配置 (地址 12h)

位	符号	说明	值	功能
7 至 4	Integ2[3:0]	积分因数输出 2	0h	积分因数输出 2 为 0.005
			...	积分因数输出 2 为 $\text{Integ2}[3:0] \times 0.005 + 0.005$
			Fh	积分因数输出 2 为 0.08
3 至 0	Integ1 [3:0]	积分因数输出 1	0h	积分因数输出 1 为 0.005
			...	积分因数输出 1 为 $\text{Integ1}[3:0] \times 0.005 + 0.005$
			Fh	积分因数输出 1 为 0.08

表 16. 斜率补偿配置 (地址 13h)

位	符号	说明	值	功能
7 至 4	Slpcmp2[3:0]	斜率补偿因数输出 2	0h	斜率补偿因数输出 2 = 112 kΩ
			1h	斜率补偿因数输出 2 = 84 kΩ
			2h	斜率补偿因数输出 2 = 70 kΩ
			4h	斜率补偿因数输出 2 = 56 kΩ
			8h	斜率补偿因数输出 2 = 28 kΩ
3 至 0	Slpcmp1[3:0]	斜率补偿因数输出 1	0h	斜率补偿因数输出 1 = 112 kΩ
			1h	斜率补偿因数输出 1 = 84 kΩ
			2h	斜率补偿因数输出 1 = 70 kΩ
			4h	斜率补偿因数输出 1 = 56 kΩ
			8h	斜率补偿因数输出 1 = 28 kΩ

表 17. 电流检测斜率电阻配置（地址 14h）

位	符号	说明	值	功能
7 和 6	Slpr4[1:0]	栅极驱动器 4 的斜率电阻配置	0h	250 Ω
			1h	500 Ω
			2h	1000 Ω
			3h	1500 Ω
5 和 4	Slpr3[1:0]	栅极驱动器 3 的斜率电阻配置	0h	250 Ω
			1h	500 Ω
			2h	1000 Ω
			3h	1500 Ω
3 和 2	Slpr2[1:0]	栅极驱动器 2 的斜率电阻配置	00h	250 Ω
			1h	500 Ω
			2h	1000 Ω
			3h	1500 Ω
1 和 0	Slpr1[1:0]	栅极驱动器 1 的斜率电阻配置	0h	250 Ω
			1h	500 Ω
			2h	1000 Ω
			3h	1500 Ω

8.3 输出电压可编程性

ASL4501SHN 可通过 SPI 编程输出电压以及输出过压保护。

8.3.1 输出电压目标可编程性

目标输出电压可通过输出电压寄存器编程。由于 ASL4501SHN 为升压转换器，所以输出电压不得低于电源电压减去转换器二极管的压降（图 4 中的 D_x ）。

表 18. 输出电压 1 寄存器（地址 03h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	V_Vout_1[7:0]	目标电压输出 1	00h	输出 1 关闭
			...	目标电压输出 1 = $0.3555 \times V_Vout_1[7:0] \times (1 + (333 \times 10^{-6}) \times (T_junction[7:0] - 38))$
			FFh	最大目标输出电压 = 90 V

表 19. 输出电压 2 寄存器（地址 04h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	V_Vout_2[7:0]	目标电压输出 2	00h	输出 2 关闭
			...	目标电压输出 2 = $0.3555 \times V_Vout_2[7:0] \times (1 + (333 \times 10^{-6}) \times (T_junction[7:0] - 38))$
			FFh	最大目标输出电压 = 90 V

8.3.2 输出过压保护编程

由于电源或输出快速变化，所以输出电压也可能会受到干扰。为避免出现可能导致连接器件损坏的高压，ASL4501SHN 提供一个可编程过压保护阈值。一旦输出电压高于该阈值，输出的栅极引脚将停止切换。这会中断向输出端的能量传输。

一旦输出电压恢复并再次低于该阈值，栅极引脚将再次开始切换。调节环路将输出重新调节至目标值。

为使器件稳定运行，应对限压输出寄存器编程，使其比输出电压寄存器高 5 V 左右。

表 20. 限压输出 1 寄存器（地址 05h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	Vmax_Vout_1[7:0]	限压输出 1	00h	输出 1 关闭
			...	输出过压保护输出 1 = $0.3555 \times V_Vout_1[7:0] \times (1 + (333 \times 10^{-6}) \times (T_junction[7:0] - 38))$
			FFh	最大输出过压保护输出 1 = 90 V

表 21. 限压输出 2 寄存器（地址 06h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	V max_Vout_2[7: 0]	限压输出 2	00h	输出 2 关闭
			...	输出过压保护输出 2 = $0.3555 \times V_Vout_2[7:0] \times (1 + (333 \times 10^{-6}) \times (T_junction[7:0] - 38))$
			FFh	最大输出过压保护输出 2 = 90 V

8.4 线圈峰值电流限制

ASL4501SHN 具有线圈峰值电流限制功能，从而可以限制系统的输入电流。此外，该功能可用于避免线圈磁饱和，并可实现一些软启动功能。

利用最大相位电流 Voutx 寄存器，可配置分配给输出的各相位的最大峰值电流。一旦 SNLx 和 SNHx 引脚之间的压降达到该水平，栅极就会关闭，直至下一个开关周期。为避免在线圈峰值电流限制激活时发生次谐波振荡，斜率补偿功能仍然有效。它可减少开关周期即将结束时的线圈峰值电流，以确保系统的稳定运行。

为避免该功能干扰正常调节，该限值应远高于预期的最大电流。

表 22. 最大相电流 Vout1 寄存器 (地址 07h)

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	I_max_per_phase_Vout1[7:0]	分配给 Vout1 的相位线圈电流限制	00h	不允许有电流
			...	最大峰值电流= $(I_max_per_phase_Vout1[7:0] \times 1.8 \text{ V} / 256 - 0.24 \text{ V}) / R_{sense}$
			64h	允许的最大设置= $(128/256 \times 1.8 \text{ V} - 0.24 \text{ V}) / R_{sense}$
			...	不允许
			FFh	不允许

表 23. 最大相电流 Vout2 寄存器 (地址 08h)

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	I_max_per_phase_Vout2[7:0]	分配给 Vout2 的相位线圈电流限制	00h	不允许有电流
			...	最大峰值电流= $(I_max_per_phase_Vout2[7:0] \times 1.8 \text{ V} / 256 - 0.24 \text{ V}) / R_{sense}$
			64h	允许的最大设置= $(128/256 \times 1.8 \text{ V} - 0.24 \text{ V}) / R_{sense}$
			...	不允许
			FFh	不允许

8.5 使能输出电压

ASL4501SHN 提供两个独立的输出电压。在工作模式下，输出电压通过位 Vout1en 和 Vout2en 开启。

只要其中一个输出打开，栅极驱动器稳压器就会打开。在栅极驱动器启动时间之后，如果位 VGG_ok 置位，栅极驱动器开始切换。

表 24. 功能控制寄存器 (地址 00h)

位	符号	说明	值	功能
7 至 4	-	保留	0000	保留：清零，供日后使用
3	Cnt_CSB	计数芯片选择时间	0	芯片选择 LOW 计数功能禁用
			1	芯片选择 LOW 计数功能启用
2	Vout2en	使能输出 2	0	输出 2 关闭
			1	当器件处于工作模式下时，输出 2 打开
1	Vout1en	使能输出 1	0	输出 1 关闭
			1	当器件处于工作模式下时，输出 1 打开
0	Cfg_dn	配置完成	0	器件处于配置模式—无配置锁定
			1	器件处于配置模式—配置锁定激活

8.6 调整和校准

ASL4501SHN 提供了一个调整振荡器频率和校准输出相位的选项。通过调整可实现高度精确的开关频率。校准可确保各相位提供的功率与输出功率相匹配。

8.6.1 频率调整

为确保 ASL4501SHN 在指定的振荡器频率范围内运行，必须调整器件的内部振荡器频率。

为了测量实际的内部频率，该器件测量 SPI 传输期间 CSB 引脚为 LOW 的时间。然后利用该时间信息来调整器件的振荡器频率。建议的时间调整流程如图 7 所示。

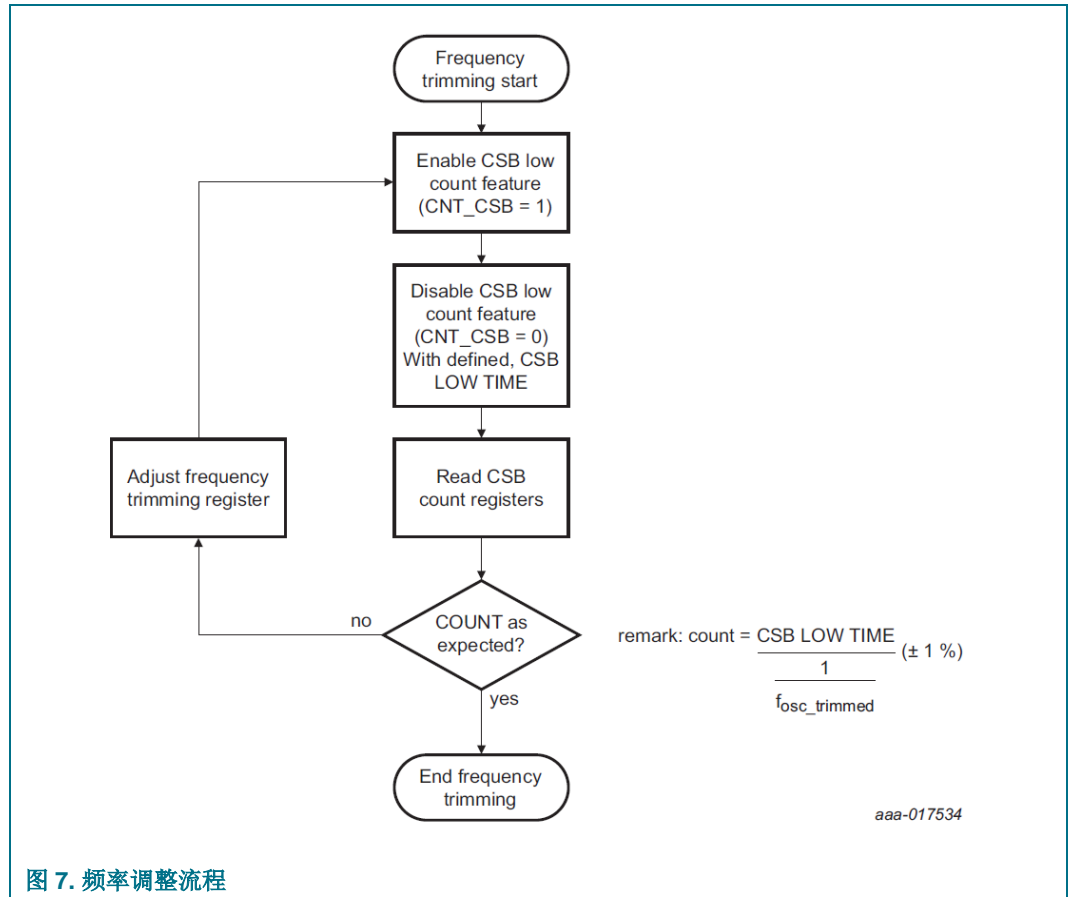


图 7. 频率调整流程

在序列开始时，CSB LOW 计数功能激活。可通过将频率调整控制寄存器中的 Cnt_CSB 位（位 3；寄存器 00h）设置为 HIGH 来激活。现在，器件可通过其内部时域测量每次 CSB 引脚为 LOW 的时间。这样就可以在 CSB 计数寄存器中获得该信息。为了获得精确稳定的读数，使用一个准确已知的 CSB LOW 时间再次将 Cnt_CSB 位设置为 LOW。将该位设置为 LOW 会冻结计数寄存器。这些寄存器存储最后一个值，在本例中为将 Cnt_CSB 位设置为 LOW 的命令。

CSB 计数寄存器包含使能 CSB LOW 计数功能的最后一个 SPI 命令的 CSB LOW 时间计数。CSB 计数寄存器 1 包含计数器的位 7 至 0，而 CSB 计数寄存器 2 则包含位 15 至 8。

表 25. CSB 计数寄存器 1（地址 41h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	CSB_cnt[7:0]	CSB 计数 LOW	...	计数值（位 7 至 0）

表 26. CSB 计数寄存器 2 (地址 42h)

位	符号	说明	值	功能
15 至 8	CSB_cnt[15:8]	CSB 计数 HIGH	...	计数值 (位 15 至 8)

CSB 计数寄存器返回的计数应与 CSB LOW 时间的实际时间相符。1 计数应对应于 $1/f_{osc_trimmed}$ (参见表 46)。

当 CSB 计数寄存器计数偏离应用的 CSB LOW 时间时, 通过修改频率调整寄存器来调整器件内部时序。

为确保调整达到预期效果, 重启程序, 并使用频率调整寄存器中的新设置检查计数。

当器件内部时序与应用的 CSB LOW 时间相匹配时, 无需进一步调整, 调整程序结束。

8.6.2 校准

IC 校准可在上电时启动。校准可确保连接至 ASL4501SHN 其中一个输出的各个激活相位传导相同的功率。器件校准考虑了来自 IC 的任何扩展都会被最小化这一因素。校准并未考虑外部器件的任何影响。

校准的前提条件是器件必须配置为目标配置, 且积分和比例因数设置为最大值。VGG 稳压器必须发出 VGG_ok 信号。当 Calib 位[频率调整寄存器中的位 0 (地址 1Ch)]设置为 LOW 时, 校准开始。在 t_{calib} 后, 校准完成, 校准完成位将被置位。校准结果可在校准结果寄存器 (地址 4Ch) 中读取。

注:

在校准模式下时, 器件采用默认振荡器频率运行。

为确保器件在有效校准状态下运行, 建议执行多次校准。有效校准可以给出类似的校准值。无效校准 (例如: 由于外部干扰) 将给出异常值。

只有正在运行的校准已完成或器件处于关闭模式时, 才允许重新启动校准。

8.6.3 调整和校准寄存器

频率调整寄存器包含振荡器的调整位, 但也可用于允许访问校准值。

表 27. 校准/频率调整寄存器 (地址 1Ch)

位	符号	说明	值	功能
7 和 6	-	保留	-	不适用
5 至 1	Calib/Ftrim[4:0]	频率调整位 4 至 0	...	Calib = 1: 频率调整设置
		校准位 4 至 0	...	Calib = 0: 指向校准数据的指针
0	Calib	校准/频率调整	1	频率调整—正常工作
			0	校准模式

表 28. Calib/Ftrim 设置

位	符号	说明	值	功能
4 至 0	Calib/Ftrim[4:0]	频率调整位	01000	默认频率—33.33%
			01001	默认频率—30.56 %
			01010	默认频率—27.78 %
			01011	默认频率—25.00 %
			01100	默认频率—22.22 %
			01101	默认频率—19.44 %
			01110	默认频率—16.67 %
			01111	默认频率—13.89 %
			00000	默认频率—11.11 %
			00001	默认频率—8.33 %
			00010	默认频率—5.56 %
			00011	默认频率—2.78 %
			00100	默认频率
			00101	默认频率+ 2.78 %
			00110	默认频率+ 5.56 %
			00111	默认频率+ 8.33 %
			11000	默认频率+ 11.11 %
			11001	默认频率+ 13.89 %
			11010	默认频率+ 16.67 %
			11011	默认频率+ 19.44 %
			11100	默认频率+ 22.22 %
			11101	默认频率+ 25.00 %
			11110	默认频率+ 27.78 %
			11111	默认频率+ 30.56 %
			10000	默认频率+ 33.33 %
			10001	默认频率+ 36.11 %
			其他	不允许
		校准结果寄存器的内容 (4Ch); Calib/Ftrim[4:0] 选择寄存器 4Ch 中可用的内容	位 0 - 校准完成位: 1 = 校准完成; 0 = 正在进行校准	
			4h	位 4 至 0 校准值 REF2
			6h	位 4 至 0 校准值 CAL2
			8h	位 4 至 0 校准值 REF3
			Ah	位 4 至 0 校准值 CAL3
			Ch	位 4 至 0 校准值 REF4
			Eh	位 4 至 0 校准值 CAL4

校准结果寄存器包含基于表 27 中 Calib/Ftrim[4:0]设置选择的校准结果。

表 29. 校准结果寄存器 (地址 4Ch)

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	Calib_value[7:0]	按照 Calib/Ftrim[4:0]设置选择的校准值	只读	根据 Calib/Ftrim[4:0]设置获得的校准信息

8.7 栅极电源电压

ASL4501SHN 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。该集成式线性稳压器在内部连接至引脚 VGG1 和 VGG2。线性稳压器产生的电压可通过 VGG 控制寄存器进行设置。

表 30. VGG 控制寄存器（地址 15h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	VGG[7:0]	栅极驱动器的电源电压	00h	不允许
			...	不允许
			5Dh	最大输出电压 = 10.3V
			...	16.25 V - 64 mV x VGG[7:0]
			B7h	最小输出电压 = 4.54 V
			...	不允许
			FFh	不允许

如果采用 00h 和 5Dh 之间的设置，则目标栅极驱动器电压超过 IC 的限值。请不要对这些设置进行编程。为确保 IC 内只设置允许范围内的值，设置后立即回读编程值。

如果采用 FFh 和 B7h 之间的设置，则器件可能无法启动 VGG。如果器件运行，则不能保证 VGG 参数。

8.7.1 栅极电压电源诊断

栅极电压电源诊断选项包括：

- 栅极驱动器可用；详情参见[第 8.10 节](#)
- 栅极驱动器保护激活；详情参见[第 8.10 节](#)

8.8 电源电压监控

当至少其中一个输出使能且 VGG_ok 位置位时，ASL4501SHN 会连续测量引脚 VBAT 处的电压。它允许系统监控电源电压，无需其他外部器件。它还提供设置自动欠压或过压保护的选项。

注：状态寄存器中的 VIN_UV 和 VIN_OV 位采用电池电压测量值。因此，至少一个输出使能时，VIN_UV 和 VIN_OV 位才能获得可靠的测量值。

8.8.1 电池电压测量

ASL4501SHN 会连续测量引脚 VBAT 处的电压。当至少一个输出使能时，可在电池电压寄存器中获得测量结果。

表 31. 电池电压寄存器（地址 45h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	V_VBAT[7:0]	电池电压	00h	电池电压 = 0 V
			...	电池电压 = $0.3555 \times V_VBAT[7:0] \times (1 + (333 \times 10^{-6}) \times (T_junction[7:0] - 38))$
			FFh	最大可测量电池电压 = 90 V

8.8.2 欠压检测

ASL4501SHN 提供一个可变的欠压检测阈值。当电源电压低于该阈值时，欠压检测位置位，同时进入故障静音模式。所有栅极引脚停止切换，且不再向输出传输电源。

表 32. 欠压阈值寄存器（地址 1Bh）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	V_VIN_UV[7:0]	欠压检测阈值	00h	欠压检测阈值 = 0 V
			...	欠压检测阈值 = $0.3555 \times V_VIN_UV[7:0] \times (1 + (333 \times 10^{-6}) \times (T_junction[7:0] - 38))$
			FFh	最大欠压检测阈值 = 90 V

8.8.3 过压检测

ASL4501SHN 提供一个可变的过压检测阈值。当电源电压高于该阈值时，过压检测位置位，同时进入故障静音模式。所有栅极引脚停止切换，且不再向输出传输电源。

表 33. 过压阈值寄存器（地址 1Ah）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	V_VIN_OV[7:0]	过压检测阈值	00h	过压检测阈值 = 0 V
			...	过压检测阈值 = $0.3555 \times V_VIN_OV[7:0] \times (1 + (333 \times 10^{-6}) \times (T_junction[7:0] - 38))$
			FFh	最大过压检测阈值 = 90 V

8.9 结温信息

ASL4501SHN 可提供 IC 结温测量。测量信息可在结温寄存器中获得。

表 34. 结温寄存器（地址 46h）

位	符号	说明	值	功能
7 至 0	T_junction[7:0]	结温	0h 至 17h	器件结温低于 -40 °C
			18h	器件结温 = -40 °C
			...	器件结温 = $T_junction[7:0] \times (215 / 106) \text{ °C} - 88 \text{ °C}$
			82h	器件结温 = 175 °C
			83h 至 FFh	器件结温超过 175 °C

8.10 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。

表 35. 诊断寄存器（地址 5Fh）

位	符号	说明	值	功能
7	Vout1_ok	Vout1 已调节	0	Vout1 偏离目标值
			1	Vout1 调节至目标值
6	Vout2_ok	Vout2 已调节	0	Vout2 偏离目标值
			1	Vout2 调节至目标值
5	VGG_ok	栅极驱动器调节正常	0	栅极驱动器不可用
			1	栅极驱动器可用
4	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
3	VIN_UV	VIN 欠压	0	未在 VIN 处检测到欠压
			1	在 VIN 处检测到欠压
2	VIN_OV	VIN 过压	0	未在 VIN 处检测到过压
			1	在 VIN 处检测到过压
1	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
0	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

8.10.1 位 VIN_OV

VIN_OV 位取决于电池监控功能，如第 8.8 节中所述。它表明器件已检测到过压条件并进入故障静音模式。对诊断寄存器进行写访问或进入关闭模式后，该位清零。无论该位是否清零，器件都保持在故障静音模式下。

8.10.2 位 VIN_UV

VIN_UV 位取决于电池监控功能，如第 8.8 节中所述。它表明器件已检测到欠压条件并进入故障静音模式。对诊断寄存器进行写访问或进入关闭模式后，该位清零。无论该位是否清零，器件都保持在故障静音模式下。

8.10.3 SPI_err 位

该器件会评估所有对器件进行的 SPI 访问，以确定命令的正确性。当不允许执行该命令时，SPI_err 位置位。对诊断寄存器进行写访问或进入关闭模式后，该位清零。

8.10.4 位 Tj_err

Tj_err 位指示结温已超过最大允许温度，且器件已进入故障静音模式。对诊断寄存器进行写访问或进入关闭模式后，该位清零。无论该位是否清零，器件都保持在故障静音模式下。离开关闭模式（IC 启动时）后，可置位 Tj_err 位。为避免错误诊断，在评估之前，先清零诊断寄存器。

8.10.5 位 VGG_err

如果栅极驱动器在稳压器电压启动错误时间内未达到 VGG_ok_window (V_{VGG} 在范围内时)，VGG_err 位置位。一旦 VGG_err 置位，则表明检测到栅极驱动器出错，且器件已进入故障静音模式。对诊断寄存器进行写访问或进入关闭模式后，该位清零。无论该位是否清零，器件都保持在故障静音模式下。

8.10.6 位 VGG_ok

VGG_ok 位指示栅极驱动器已调节至目标电压，并允许栅极驱动器驱动栅极驱动器引脚。如果在 $t_{startup}$ 之后栅极驱动器在 VGG_ok 窗口之外，且 V_{VGG} 在范围之内，则器件清零 VGG_ok 位，并进入故障静音模式。

8.10.7 Vout1_ok 和 Vout2_ok 位

Vout1_ok 和 Vout2_ok 位指示输出电压是已调节至目标值还是偏离目标值。只要相应输出在 Vout_ok 窗口内 (V_o 在范围内) 超过 $t_{ftr(ov)}$ ，就会置位这两个位。当相应输出不在 Vout_ok 窗口内超过 $t_{ftr(ov)}$ 时，这两个位清零。

8.11 SPI

ASL4501SHN 采用 SPI 接口与外部微控制器通信。SPI 可用于设置 LED 电流，读取和写入控制寄存器。

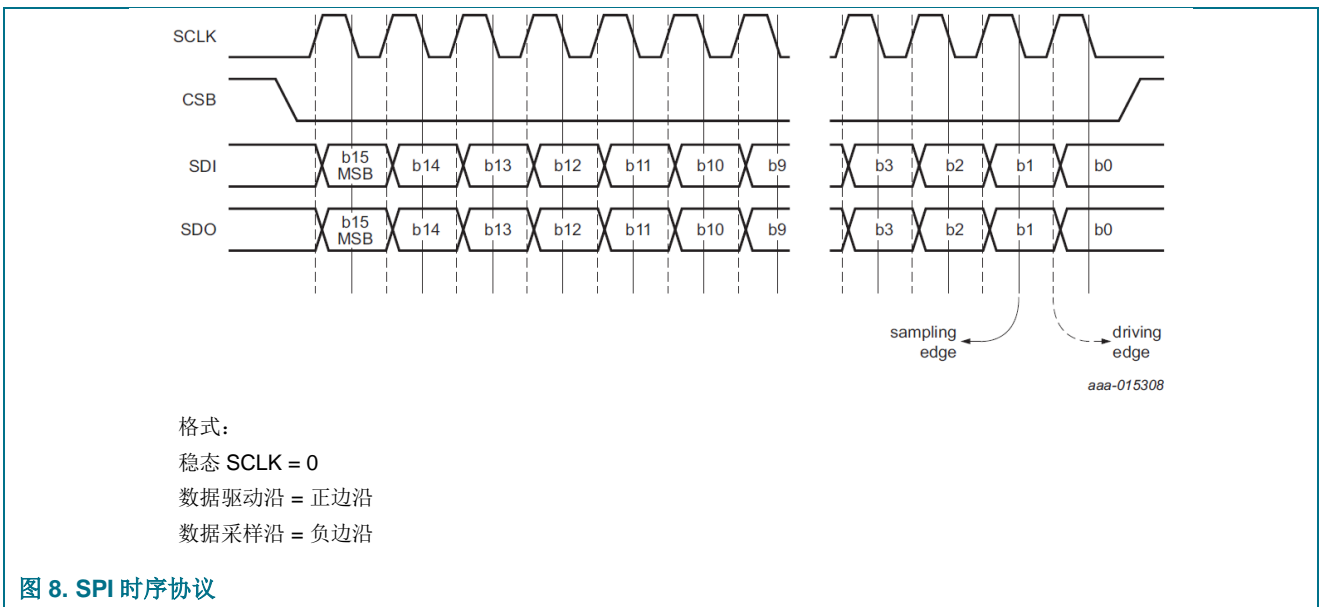
8.11.1 SPI 简介

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 8](#) 所示。



ASL4501SHN 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，只读位必须设置为逻辑 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。

SPI 帧格式如图 9、表 36 和表 37 所示。

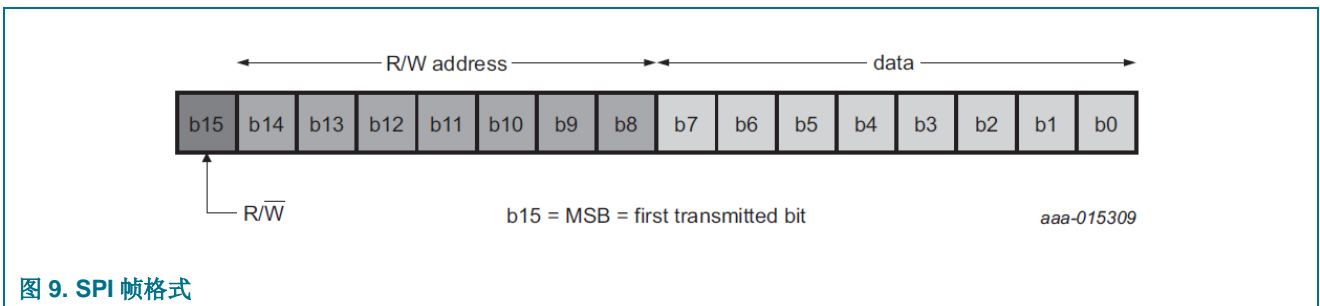


表 36. 转换到器件的 SPI 帧格式

位	符号	说明	值	功能
15	b15	读/写位	0	写访问
			1	读访问
14 至 8	b14:8	地址位	XXX XXXX	所选地址
7 至 0	b7:0	数据位	XXXX XXXX	传输的数据

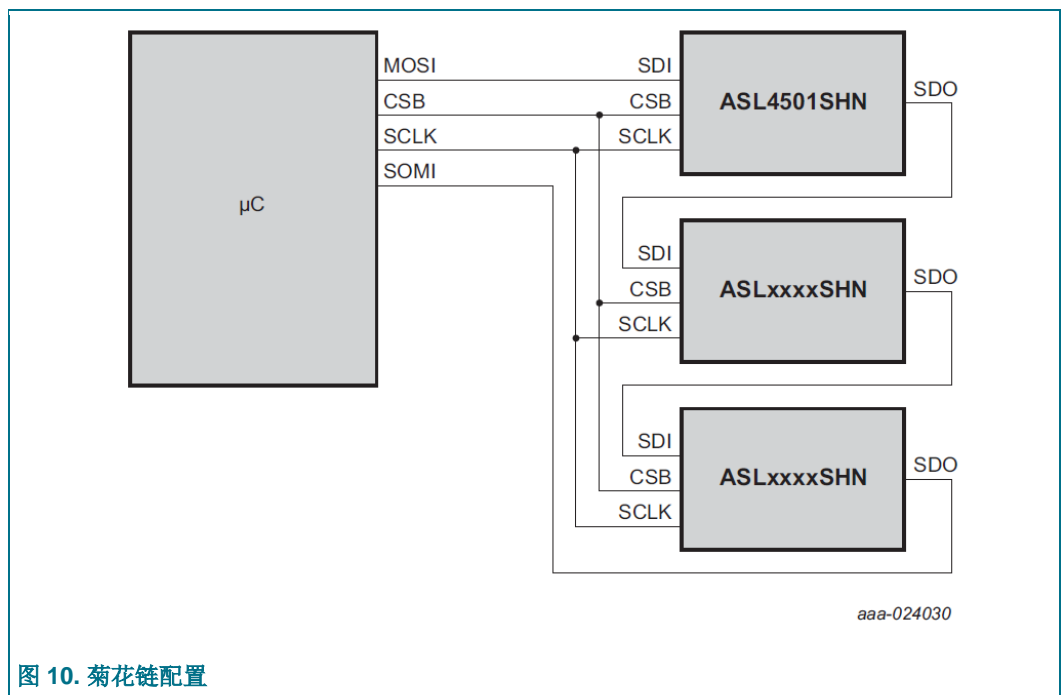
表 37. 从器件转换的 SPI 帧格式

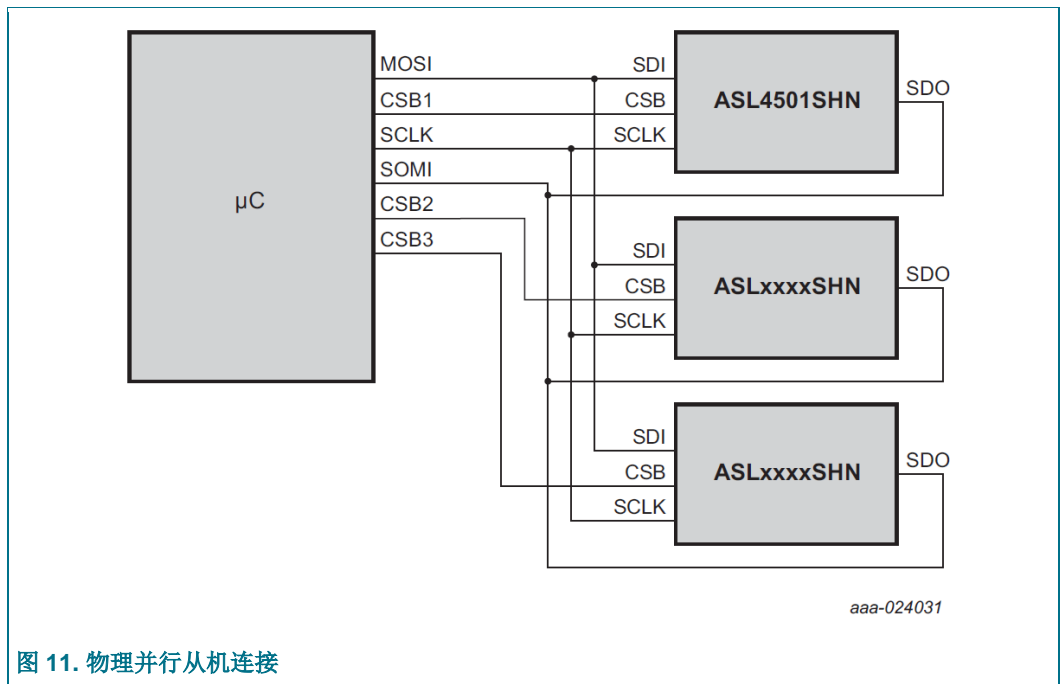
位	符号	说明	值	功能 ^[1]
15 至 8	b8:15	诊断寄存器	XXXX XXXX	诊断寄存器的内容
7 至 0	b7:0	数据位	XXXX XXXX	当上一个命令为有效的读取命令时，寄存器中应该读取的内容
			XXXX XXXX	当上一个命令为有效的写入命令时，寄存器中应该写入的新内容

[1] 退出关闭模式后的第一个 SPI 命令将返回 00h。

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。

ASL4501SHN 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。





在 SPI 数据传输期间，标识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，只读位必须设置为逻辑 1。传输至 ASL4501SHN 的数据字节内容会被忽略。

ASL4501SHN 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。

8.11.2 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四个从机。在一个序列（第一个序列）中执行以下命令：

- 将数据 FFh 写入从机 1 的寄存器 1Ah
- 读取从机 2 的寄存器 02h
- 将数据 AFh 写入从机 3 的寄存器 2Fh
- 读取从机 4 的寄存器 44h

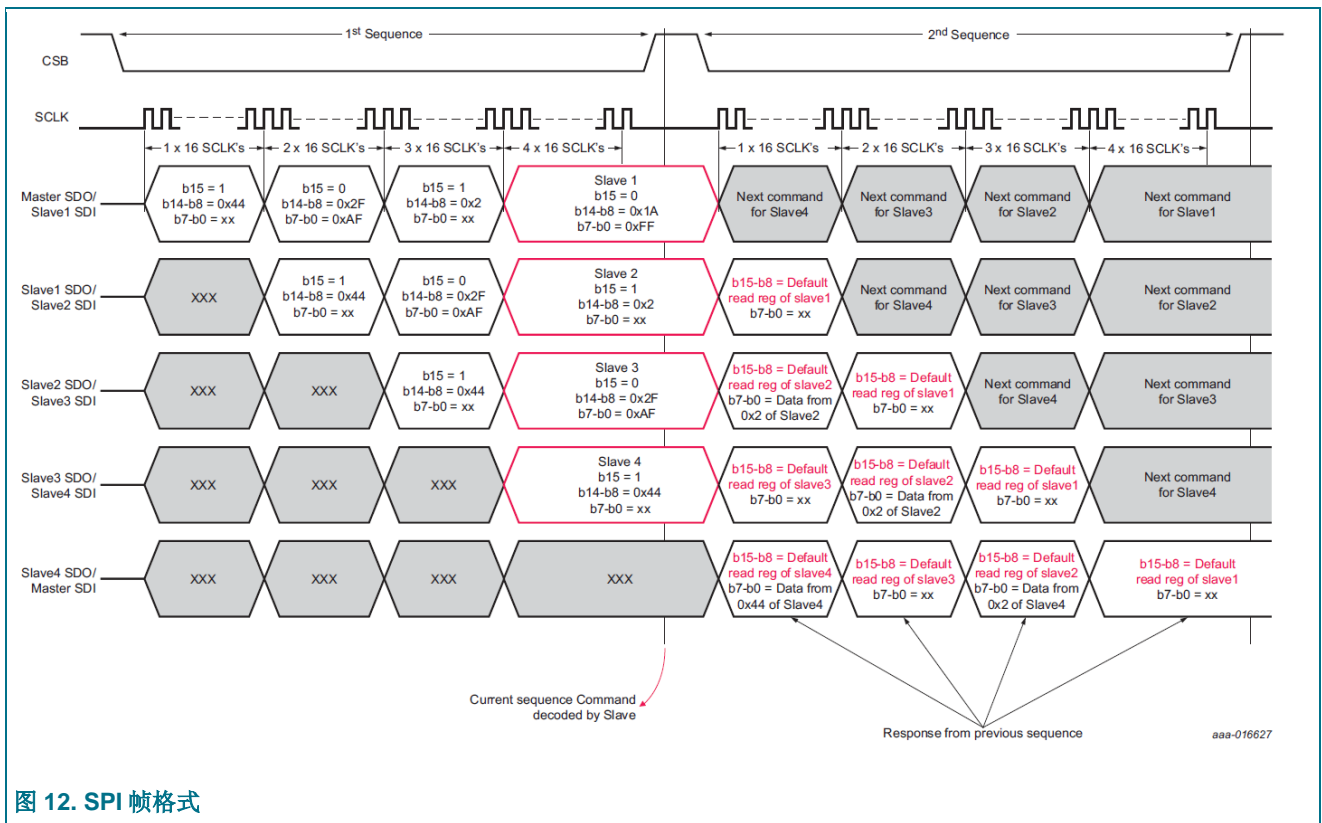


图 12. SPI 帧格式

8.11.3 SPI 诊断

该器件会评估所有对器件进行的 SPI 访问，以确定命令的正确性。当不允许执行该命令时，SPI_err 位置位。

被视为不稳定访问的条件：

- 试图对只读位置或保留位置进行 SPI 写操作
- 试图在运行期间对配置寄存器进行 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

如果 SPI 访问被视为不稳定，则不会对 SPI 寄存器进行任何修改。不稳定 SPI 命令后的访问会返回诊断寄存器，并在数据字段中返回零。

有关 SPI_err 位的详细信息，请参见第 8.10 节。

8.11.4 寄存器映射

可寻址寄存器空间从 00h 到 7Fh 共 128 个寄存器。它们被分为两组，如表 38 所示。寄存器映射如表 39 和表 42 所示。每个位的功能说明可参见相关章节。

表 38. 寄存器空间分组

地址范围	说明	内容
00h 至 1Fh	控制寄存器	控制寄存器
20h 至 7Fh	诊断寄存器	诊断信息

8.11.4.1 控制寄存器

表 39. 控制寄存器分组概述

地址	名称	重置值	7	6	5	4	3	2	1	0
00h	功能控制	00h	-	-	-	-	Cnt_CSB	Vout2en ^[1]	Vout1en ^[1]	Cfg_dn
01h	栅极驱动器使能	00h	-	-	-	-	EN_G4 ^[2]	EN_G3 ^[2]	EN_G2 ^[2]	EN_G1 ^[2]
03h	目标电压输出 1	00h	V_Vout_1[7:0]							
04h	目标电压输出 2	00h	V_Vout_2[7:0]							
05h	限压输出 1	00h	Vmax_Vout_1[7:0]							
06h	限压输出 2	00h	Vmax_Vout_2[7:0]							
07h	最大相电流 Vout1	46h	I_max_per_phase_Vout_1[7:0]							
08h	最大相电流 Vout2	46h	I_max_per_phase_Vout_2[7:0]							
1Ch	频率调整寄存器	09h	-	-	Calib/Ftrim[4:0]					-

[1] 当 Cfg_dn 位为 HIGH 时，这些位锁定。当 Cfg_dn 位为 LOW 时，这些位可更改。通常可以读取。

[2] Cfg_dn 和 VGG_ok 设置为 HIGH 时使能的各个栅极驱动器可在系统运行期间打开和关闭。即使栅极使能位后来设置为 HIGH，Cfg_dn 和 VGG_ok 位设置为 HIGH 时禁用的栅极驱动器仍保持关闭。

8.11.4.2 配置寄存器

只能在配置模式下对控制块内的配置寄存器进行写操作。在其他模式下，该寄存器为只读。

表 40. 配置寄存器分组概述

地址	名称	重置值	7	6	5	4	3	2	1	0
02h	栅极驱动器输出	00h	-	-	-	-	O_G4	O_G3	O_G2	O_G1
09h	输出 1 的时钟分频器	0Fh	Clkdiv1[7:0]							
0Ah	输出 2 的时钟分频器	0Fh	Clkdiv2[7:0]							
0Bh	内部相位输出 1	0Fh	-	-	-	-	EN_P4_1	EN_P3_1	EN_P2_1	EN_P1_1
0Ch	内部相位输出 2	0Fh	-	-	-	-	EN_P4_2	EN_P3_2	EN_P2_2	EN_P1_2
0Dh	相位关闭和延迟输出 1	39h	Phdel1[4:0]				Phoff1[2:0]			
0Eh	相位关闭和延迟输出 2	39h	Phdel2[4:0]				Phoff2[2:0]			
0Fh	栅极驱动器相位	00h	-	-	-	-	O_GP4	O_GP3	O_GP2	O_GP1
10h	相位选择配置	E4h	Phsel4[1:0]		Phsel3[1:0]		Phsel2[1:0]		Phsel1[1:0]	
11h	环路滤波器比例配置	00h	Prop2[3:0]				Prop1[3:0]			
12h	环路滤波器积分配置	00h	Integ2[3:0]				Integ1[3:0]			
13h	斜率补偿配置	88h	Slpcmp2[3:0]				Slpcmp1[3:0]			
14h	电流检测斜率电阻配置	00h	Slpr4[1:0]		Slpr3[1:0]		Slpr2[1:0]		Slpr1[1:0]	
15h	栅极驱动器控制	FFh	VGG[7:0]							
1Ah	过压检测阈值	FFh	V_VIN_OV[7:0]							
1Bh	欠压检测阈值	00h	V_VIN_UV[7:0]							

8.11.4.3 内部寄存器

ASL4501SHN 采用 SPI 寄存器来控制一些内部功能。为避免器件出现任何异常行为，请不要修改这些寄存器，而是全部保留其默认值。

表 41. 内部寄存器分组

地址	名称	重置值	7	6	5	4	3	2	1	0
19h	内部 1	82h	-	-	-	-	-	-	-	-
25h	内部 2	27h	-	-	-	-	-	-	-	-
26h	内部 3	3Bh	-	-	-	-	-	-	-	-
2Fh	内部 4	E8h	-	-	-	-	-	-	-	-
30h	内部 5	09h	-	-	-	-	-	-	-	-

8.11.4.4 诊断寄存器

ASL4501SHN 可通过一些 SPI 寄存器提供诊断数据。这些寄存器为只读，但错误位可通过对寄存器写访问来清除。

表 42. 诊断寄存器分组概述

地址	名称	7	6	5	4	3	2	1	0	
41 h	CSB 计数低位	CSB_cnt[7:0]								
42h	CSB 计数高位	CSB_cnt[15:8]								
45h	电池电压	V_VBAT[7:0]								
46h	结温	T_junction[7:0]								
4Ch	校准结果寄存器	Calib_value[7:0]								
5Fh	诊断寄存器	Vout1_ok	Vout2_ok	VGG_ok	Tj_err	VIN_UV	VIN_OV	SPI_err	VGG_err	

9. 限值

表 43. 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
VBAT	电池电源电压	EN = LOW	-0.3	+60	V
		EN = HIGH	-0.3	+40	V
VVCC	VCC 引脚电压		-0.3	+5.5	V
VGND	接地电源电压	接地引脚之间的电压	-0.6	+0.6	V
VFBx	反馈引脚上的电压	FB1 和 FB2	-0.3	+90	V
Vo	输出电压	根据寄存器 0x03h 和 0x04h 编程的目标电压	10	80	V
VI(DIG)	数字输入电压	数字引脚 SDO、SDI、CSB、SCLK 和 EN 上的电压	-0.3	+5.5	V
VGG	引脚 VGG 上的电压	VGG1 ^[1]	-0.3	+20	V
		VGG2 ^[1]	-0.3	+20	V
VSENSE	感测电压	感测引脚 SNH1、SNH2、SNH3、SNH4、SNL1、SNL2、SNL3 和 SNL4 上的电压	-0.3	+ 1.8	V
VGX	栅极引脚上的电压	栅极引脚 G1、G2、G3 和 G4 上的电压	-0.3	+10	V
T _J	结温		-40	+ 175	°C
T _{STG}	存储温度		-55	+ 175	°C
VESD	静电放电电压	^[2]	-2	+2	kV
		^[3]	-500	+500	V

[1] VGG1 和 VGG2 在 IC 内部连接（短路）。

[2] 符合 AEC-Q100-002 要求的 HBM（100pF，1.5 kΩ）。

[3] 符合 AEC-Q100-011 要求的 CDM（电场感应电荷；4 pF）。

10. 热学特性

表 44. 热学特性

符号	参数	条件	典型值	单位
R _{th(tot)}	总热阻	^[1]	37	K/W

[1] 根据 JEDEC、JESD51-2、JESD51-5 和 JESD51-7 的要求，在 2s2p 板上提供自然对流。板有两个内部铜层（厚度：35 μm）和散热孔阵列，在连接至第一个内部铜层的外露式焊盘下。

11. 静态特性

表 45. 静态特性

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源引脚 VBAT						
I _{DD}	电源电流	工作：VGG 上无负载；栅极引脚 LOW；1 个相位；1 个输出	5	13	-	mA
		工作：VGG 上无负载；栅极引脚 LOW；4 个相位；2 个输出	-	20	-	mA
I _{off}	关断状态电流	EN = LOW	-	-	5	μA
V _{th(det)pon}	上电检测阈值电压		-	-	4.5	V
电源引脚 VCC						
I _{VCC}	引脚 VCC 上的电源电流	EN = HIGH；CSB = LOW	-	-	250	μA
电源引脚 EN						
I _{EN}	引脚 EN 上的电源电流	EN = HIGH	-	-	225	μA
输出电压						
V _{O(acc)}	输出电压精度	Vout1：工作精度 1	-0.03 x Vout1 - 0.711	-	+0.03 x Vout1 + 0.711	V
		Vout2：工作精度 2	-0.03 x Vout2 - 0.711	-	+0.03 x Vout2 + 0.711	V
V _O	输出电压	当 V _O 在目标值范围内时， Vout1_ok/Vout2_ok 位置位	-5.4	-	+2.4	V
调节电压输出						
V _{VGG}	引脚 VGG 上的电压	$V_{BAT} \geq V_{VGG} + V_{do(reg)VGG}$ ^[2]	4.46	-	10.04	V
		当 V _{VGG} 在目标值范围内时， VGG_ok 位置位 ^[2]	-2.4	-	+2.4	V
V _{do(reg)VGG}	引脚 VGG 上的稳压器压降	I _{VGG} ≤ 50 mA；饱和状态下的稳压器	-	0.5	1.0	V
		I _{VGG} ≤ 160 mA；饱和状态下的稳压器	-	1.6	3.2	V
V _{reg(acc)VGG}	引脚 VGG 上的稳压器电压精度	25°C 至 T _{j(max)}	-5	-	+5	%
		-40 °C 至 +25 °C	-7	-	+5	%
C _{VGG}	引脚 VGG 上的电容	ESR ≤ 0.1 Ω	-	1	-	μF
ΔV	电压变化	与感测引脚平均峰值电流值的偏差；减去斜率补偿 160 mV 之前，对应于 10 mΩ R _{sense} 时的 16 A 峰值设定值 ^[3]	-2.5	-	+2.5	%

表 45. 静态特性...续

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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
ΔV_{slope}	斜率压差	与感测引脚平均斜率电压值的偏差；减去斜率补偿为 10.9 mV ，在 $10\text{ m}\Omega$ R_{sense} 和 R_{slope} 设置为 $1\text{ k}\Omega$ 时等于 10.9 A	-8	-	+8	%
串行外设接口输入；SDI、SCLK 和 CSB 引脚						
$V_{\text{th(sw)}}$	开关阈值电压		$0.3V_{\text{CC}}$	-	$0.7V_{\text{CC}}$	V
$R_{\text{pd(int)SCLK}}$	SCLK 引脚上的内部下拉电阻		40	-	80	k Ω
$R_{\text{pd(int)CSB}}$	CSB 引脚上的内部下拉电阻		40	-	80	k Ω
$R_{\text{pd(int)SDI}}$	SDI 引脚上的内部下拉电阻		40	-	80	k Ω
串行外设接口数据输出；引脚 SDO						
V_{OH}	高电平输出电压	$I_{\text{OH}} = -4\text{ mA}$ ； $V_{\text{CC}} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V	$V_{\text{CC}} - 0.4$	-	-	V
V_{OL}	低电平输出电压	$I_{\text{OL}} = -4\text{ mA}$ ； $V_{\text{CC}} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V	-	-	0.4	V
I_{LOZ}	断态输出漏电流	$V_{\text{CSB}} = V_{\text{CC}}$ ； $V_{\text{O}} = 0\text{ V}$ 至 V_{CC} ； $V_{\text{CC}} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V	-5	-	+5	μA
温度保护						
ΔT_j	结温变化	通过寄存器 46h 进行测量； $T_j = 130^\circ\text{C}$	-20	-	+20	$^\circ\text{C}$
$T_{\text{sd(otp)}}$	过温保护关断温度		150	175	200	$^\circ\text{C}$
V_{BAT} 监控						
V_{VBAT}	引脚 VBAT 上的电压测量精度		$-0.035 \times V_{\text{BAT}}$ -0.3555	-	$+0.035 \times V_{\text{BAT}}$ +0.3555	V

[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] VGG 是指 VGG1 和 VGG2。

[3] 对于 $V_{\text{BAT}} = 13.5\text{ V}$ 、 $V_{\text{outx}} = 50\text{ V}$ 、 $L = 15\text{ }\mu\text{H}$ 、 $R_{\text{sense}} = 10\text{ m}\Omega$ 、 $f_{\text{sw}} = 400\text{ kHz}$ 、器件配置经过优化且每相输出功率为 30 W 的给定系统，其与平均值的最大电流偏差小于 225 mA 。

[4] 其他特性包括防止出现高达 60 V 的负载突降瞬变电压，以及在 ASL4501SHN 结温超过 175°C 时的热关断。

12. 动态特性

表 46. 动态特性

最小值和最大值基于以下条件： $V_{BAT} = 5.5\text{ V}$ 至 40 V ， $V_{EN} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V ， $f_{osc} = 130\text{ MHz}$ 至 200 MHz ， $V_{CC} = 4.5\text{ V}$ 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 $V_{bat} = 12\text{ V}$ ， $V_{en} = 5\text{ V}$ ， $V_{CC} = 5\text{ V}$ 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
f _{DCDC}	DC-DC 转换器频率		125	-	700	kHz
f _{DCDC(ACC)}	DC-DC 转换器频率精度	工作：已调整	-5	-	+5	%
f _{OSC}	振荡器频率	内部振荡器：未调整	130	-	250	MHz
		已调整操作的目标频率	-	180	-	MHz
t _{startup}	启动时间	EN = HIGH，直至 SPI 写访问	-	-	150	
		EN = HIGH，直至 SPI 读访问	-	-	2000	
串行外设接口时序；CSB、SCLK、SDI 和 SDO 引脚						
f _{clk(int)/f_{SPI_CLK}}	内部时钟频率与 SPI 时钟频率之比		-	20 : 1	-	1
t _{cy(clk)}	时钟周期时间		250	-	-	ns
t _{SPILEAD}	SPI 使能前置时间		50	-	-	ns
t _{SPILAG}	SPI 使能迟滞时间		50	-	-	ns
t _{clk(H)}	时钟高电平时间		125	-	-	ns
t _{clk(L)}	时钟低电平时间		125	-	-	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 = 20 pF	-	-	130	ns
t _{WH(S)}	芯片选择脉冲宽度 HIGH		250	-	-	ns
栅极驱动器						
t _{ch(g)}	栅极充电时间	20 % 至 80 %；V _{VGG} = 7.5 V；C _{gate} = 2000 pF	-	-	30	ns
t _{dch(g)}	栅极放电时间	80 % 至 20 %；V _{VGG} = 7.5 V；C _{gate} = 2000 pF	-	-	14	ns
调节电压						
t _{err(startup)}	启动错误时间	V _{VGG} ；f _{osc} = 180 MHz	-	2.5	-	ms
t _{det(err)}	错误检测时间	运行期间 V _{VGG} ；f _{osc} = 180 MHz	-	31.5	-	μs
t _{tr(Vo)}	输出电压滤波时间	针对 V _{out1 ok} 和 V _{out2 ok} 位；f _{osc} = 180 MHz	-	31.5	-	μs
t _{ca}	校准时间	位 V _{VGG_ok} = HIGH	-	-	10	ms

[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。

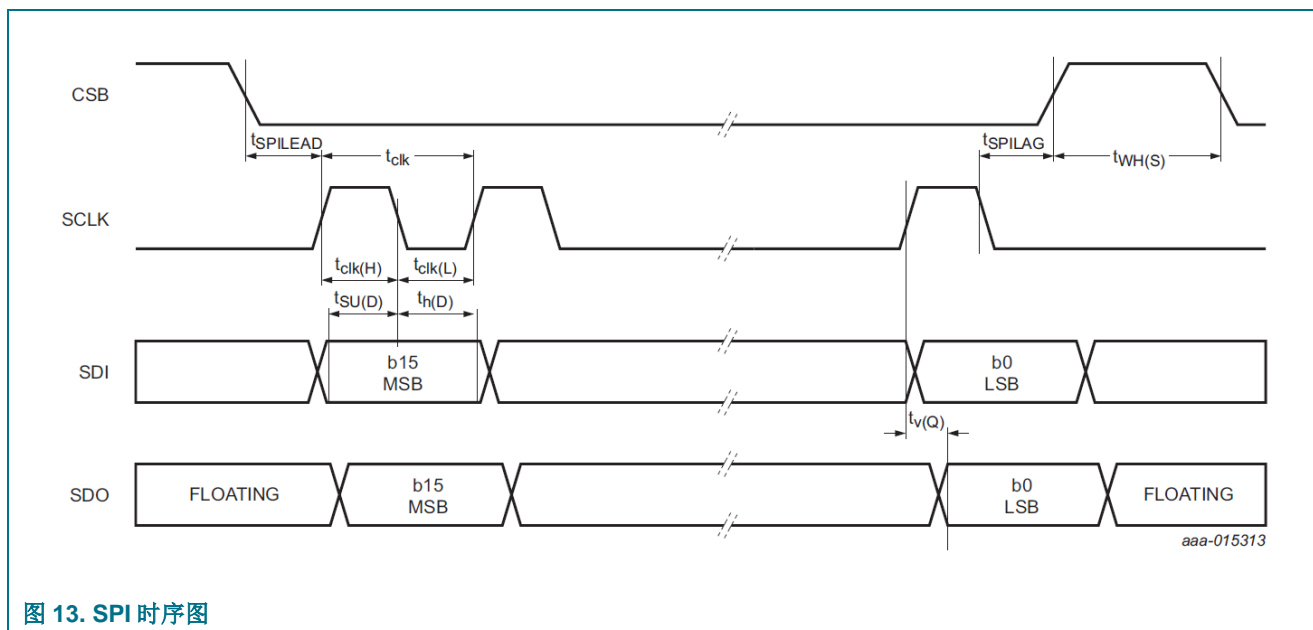


图 13. SPI 时序图

13. 应用信息

图 14 给出了 ASL4501SHN 在典型四相升压转换器 IC 中（一个输出电压）的应用示例。

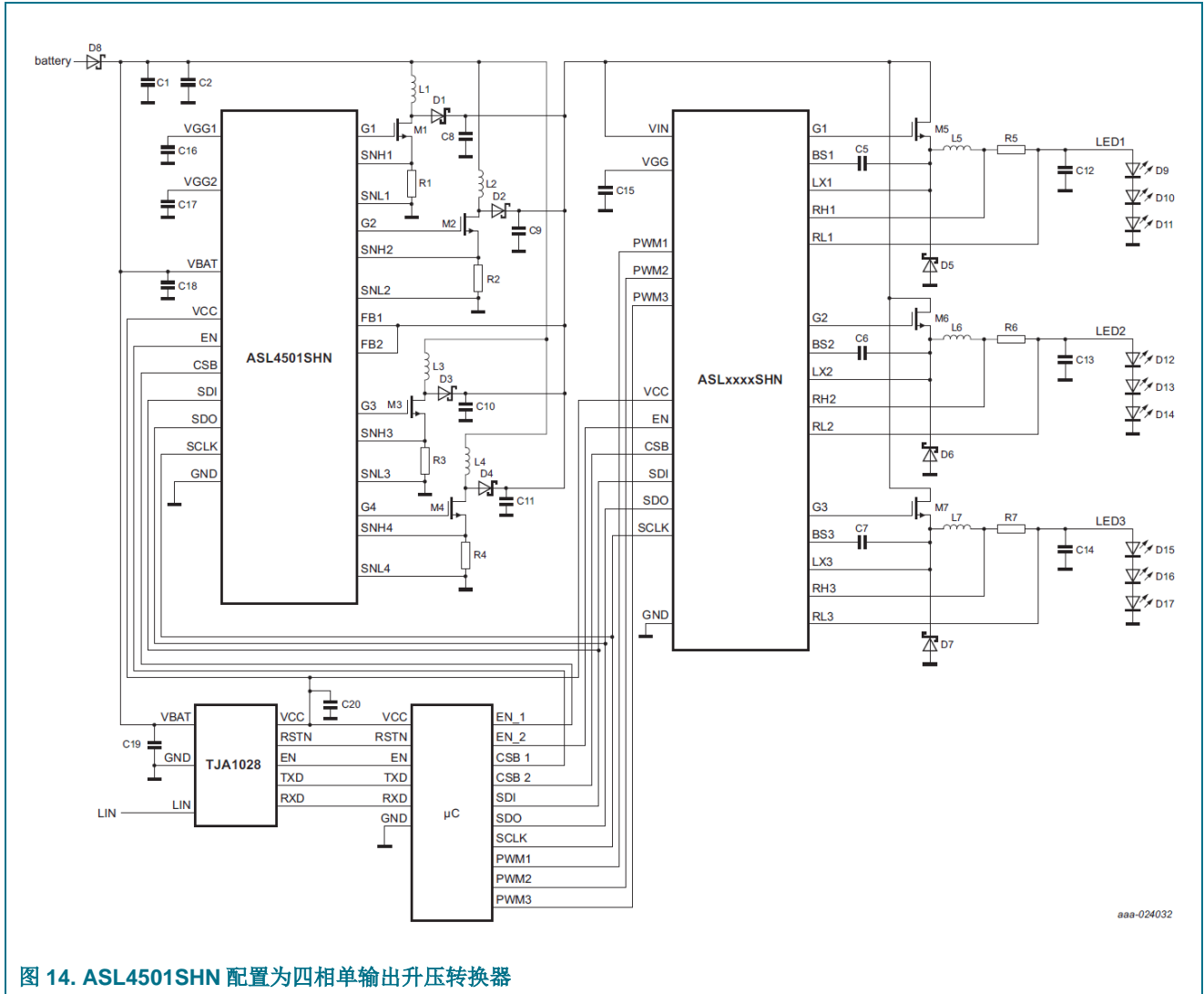


图 14. ASL4501SHN 配置为四相单输出升压转换器

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 Rev-H—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

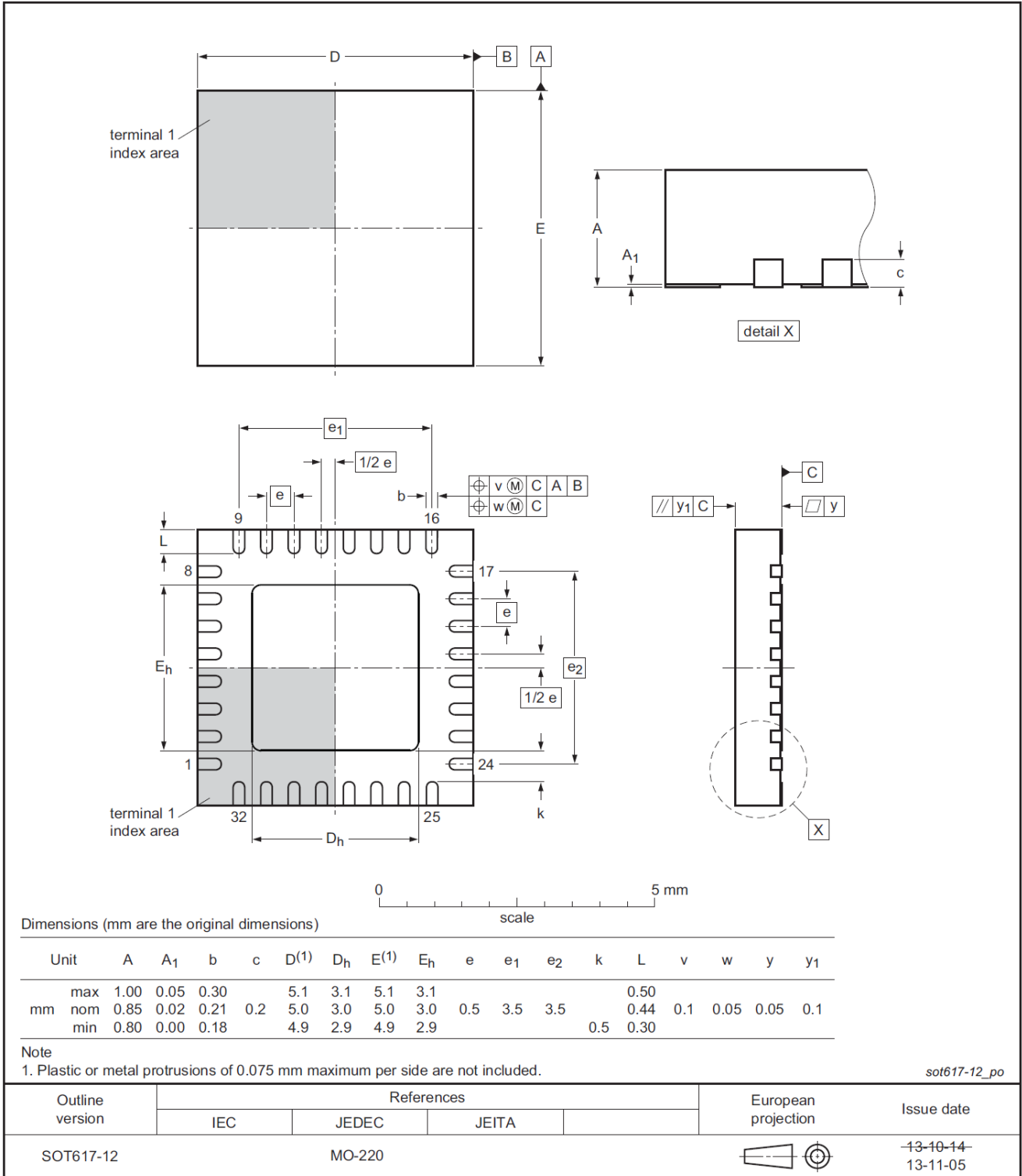


图 15. 封装尺寸: SOT617-12 (HVQFN32)

16. 修订记录

表 47. 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
ASL4501SHN v.2	20180110	产品数据手册	-	ASL4501SHN v.1
变更内容:	<ul style="list-style-type: none"> ● 更新了 VGG 设置的公式: 表 30 “VGG 控制寄存器 (地址 15h)” ● 更新了输出电压设置和输入电压测量的公式: <ul style="list-style-type: none"> - 表 18 “输出电压 1 寄存器 (地址 03h)” - 表 19 “输出电压 2 寄存器 (地址 04h)” - 表 20 “限压输出 1 寄存器 (地址 05h)” - 表 21 “限压输出 2 寄存器 (地址 06h)” - 表 31 “电池电压寄存器 (地址 45h)” - 表 32 “欠压阈值寄存器 (地址 1Bh)” - 表 33 “过压阈值寄存器 (地址 1Ah)” 			
ASL4501SHN v.1	20170629	产品数据手册	-	-

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。欲了解最新产品状态信息，请访问 <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——缩略版数据手册为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——本文档所述任何产品的应用只用于例证目的。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和应用，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）会给器件带来永久性损害。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。

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>

欲了解更多信息，请访问：salesaddresses@nxp.com

19. 表

表 1. 订购信息.....	3	表 25. CSB 计数寄存器 1 (地址 41h)	18
表 2. 引脚说明 ^[1]	4	表 26. CSB 计数寄存器 2 (地址 42h)	19
表 3. 工作模式.....	7	表 27. 校准/频率调整寄存器 (地址 1Ch)	19
表 4. 相位逻辑 1 的内部相位控制使能 (地址 0Bh)	9	表 28. Calib/Ftrim 设置	20
表 5. 相位逻辑 2 的内部相位控制使能 (地址 0Ch)	9	表 29. 校准结果寄存器 (地址 4Ch)	20
表 6. 栅极驱动器输出 (地址 02h)	10	表 30. VGG 控制寄存器 (地址 15h)	21
表 7. 栅极驱动器相位 (地址 0Fh)	10	表 31. 电池电压寄存器 (地址 45h)	22
表 8. 相位选择配置 (地址 10h)	10	表 32. 欠压阈值寄存器 (地址 1Bh)	22
表 9. 栅极驱动器使能 (地址 01h)	12	表 33. 过压阈值寄存器 (地址 1Ah)	22
表 10. Vout1 的时钟分频器 (地址 09h)	13	表 34. 结温寄存器 (地址 46h)	22
表 11. Vout2 的时钟分频器 (地址 0Ah)	13	表 35. 诊断寄存器 (地址 5Fh)	23
表 12. 输出 1 的断相时间和相位延迟 (地址 0Dh)	13	表 36. 转换到器件的 SPI 帧格式	25
表 13. 输出 2 的断相时间和相位延迟 (地址 0Eh)	13	表 37. 从器件转换的 SPI 帧格式	26
表 14. 环路滤波器比例配置 (地址 11h)	14	表 38. 寄存器空间分组	29
表 15. 环路滤波器积分配置 (地址 12h)	14	表 39. 控制寄存器分组概述	29
表 16. 斜率补偿配置 (地址 13h)	14	表 40. 配置寄存器分组概述	30
表 17. 电流感测斜率电阻配置 (地址 14h)	15	表 41. 内部寄存器分组	31
表 18. 输出电压 1 寄存器 (地址 03h)	15	表 42. 诊断寄存器分组概述	31
表 19. 输出电压 2 寄存器 (地址 04h)	15	表 43. 限值	32
表 20. 限压输出 1 寄存器 (地址 05h)	16	表 44. 热学特性	32
表 21. 限压输出 2 寄存器 (地址 06h)	16	表 45. 静态特性	33
表 22. 最大相电流 Vout1 寄存器 (地址 07h)	17	表 46. 动态特性	35
表 23. 最大相电流 Vout2 寄存器 (地址 08h)	17	表 47. 修订记录	39
表 24. 功能控制寄存器 (地址 00h)	17		

20. 图

图 1. 功能框图.....	3
图 2. 引脚配置.....	4
图 3. 状态图	6
图 4. 升压转换器相位电路.....	8
图 5. 虚拟相位 (V1_1 至 V2_4) 映射至物理相位 (G1 至 G4)	9
图 6. 相位控制发生器	12
图 7. 频率调整流程	18
图 8. SPI 时序协议	25
图 9. SPI 帧格式.....	25
图 10. 菊花链配置	26
图 11. 物理并行从机连接	27
图 12. SPI 帧格式.....	28
图 13. SPI 时序图.....	36
图 14. ASL4501SHN 配置为四相单输出升压转换器	37
图 15. 封装尺寸: SOT617-12 (HVQFN32).....	38

21. 目录

1.	简介	1	8.10	诊断信息.....	23
2.	概述	1	8.10.1	位 VIN_OV	23
3.	特性和优势.....	2	8.10.2	位 VIN_UV	23
4.	应用	2	8.10.3	SPI_err 位	23
5.	订购信息	3	8.10.4	位 Tj_err	24
6.	功能框图	3	8.10.5	位 VGG_err	24
7.	引脚配置信息.....	4	8.10.6	位 VGG_ok.....	24
7.1	引脚配置.....	4	8.10.7	Vout1_ok 和 Vout2_ok 位	24
7.2	引脚说明.....	4	8.11	SPI	24
8.	功能说明	6	8.11.1	SPI 简介	24
8.1	工作模式.....	7	8.11.2	典型用例说明（写/读）	27
8.1.1	关闭模式.....	7	8.11.3	SPI 诊断	28
8.1.2	配置模式.....	7	8.11.4	寄存器映射	28
8.1.3	工作模式.....	7	8.11.4.1	控制寄存器.....	29
8.1.4	故障静音模式.....	8	8.11.4.2	配置寄存器.....	30
8.2	升压转换器配置	8	8.11.4.3	内部寄存器.....	31
8.2.1	虚拟相位配置.....	9	8.11.4.4	诊断寄存器.....	31
8.2.2	物理相位与输出电压的关联	10	9.	限值	32
8.2.3	连接相位与内部相位生成的关联	10	10.	热学特性	32
8.2.4	使能连接的相位	12	11.	静态特性	33
8.2.5	升压转换器频率配置	12	12.	动态特性	35
8.2.6	控制环路参数设置	13	13.	应用信息	37
8.3	输出电压可编程性	15	14.	测试信息	37
8.3.1	输出电压目标可编程性	15	14.1	质量信息.....	37
8.3.2	输出过压保护编程	16	15.	封装尺寸	38
8.4	线圈峰值电流限制	16	16.	修订记录	39
8.5	使能输出电压.....	17	17.	法律信息	40
8.6	调整和校准	17	17.1	数据手册状态	40
8.6.1	频率调整.....	18	17.2	定义.....	40
8.6.2	校准	19	17.3	免责声明.....	40
8.6.3	调整和校准寄存器	19	17.4	商标.....	41
8.7	栅极电源电压.....	21	18.	联系信息	41
8.7.1	栅极电压电源诊断	21	19.	表.....	42
8.8	电源电压监控.....	21	20.	图.....	42
8.8.1	电池电压测量.....	21	21.	目录	43
8.8.2	欠压检测.....	22			
8.8.3	过压检测.....	22			
8.9	结温信息.....	22			

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 2018.

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：2018年1月10日

文档编号：ASL4501SHN