

LP8866S-Q1 具有六个 150mA 通道的汽车级显示 LED 背光驱动器

1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准：
 - 器件温度等级 1：
 - 40°C 至 +125°C, T_A
 - 器件 HBM ESD 分类等级 2
 - 器件 CDM ESD 分类等级 C4B
- 输入电压工作范围：3V 至 48V
- 六个高精度电流阱
 - 各电流阱直流电流高达 150mA
 - 电流匹配度为 1% (典型值)
 - 使用 152Hz LED 输出 PWM 频率时, 调光比为 32000:1
 - 使用 I2C 或 PWM 输入时, 最高 16 位 LED 调光分辨率
 - 可配置 8 个 LED 灯串
- 自动移相 PWM 调光
- 12 位模拟调光
- 最高 48V V_{OUT} 升压或 SEPIC 直流/直流控制器
 - 开关频率为 100kHz 至 2.2MHz
 - 升压展频功能可降低 EMI
 - 升压同步输入, 可通过外部时钟设置升压开关频率
 - 禁用升压时, 输出电压自动放电
- 多种故障诊断功能

2 应用

- 为以下应用提供背光：
 - 汽车信息娱乐系统
 - 汽车仪表组
 - 智能车镜
 - 抬头显示屏 (HUD)

3 说明

LP8866S-Q1 是一款具有升压控制器的汽车级高效 LED 驱动器。六个高精度电流阱支持根据使用的通道数自动调整相移。可通过 I²C 接口或 PWM 输入对 LED 亮度进行全局控制。

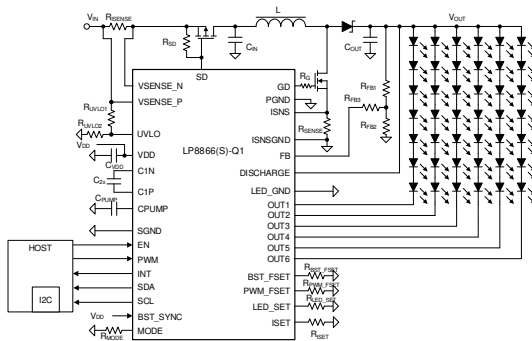
升压控制器基于 LED 电流阱余量电压进行自适应输出电压控制。该特性可在所有条件下将升压电压调节到能够满足需要的最低水平, 从而更大限度降低功耗。凭借宽范围可调频率, LP8866S-Q1 可避免 AM 无线频段段的干扰。

LP8866S-Q1 支持内置混合 PWM 调光和模拟电流调光, 可降低 EMI、延长 LED 使用寿命并提高总光学效率。

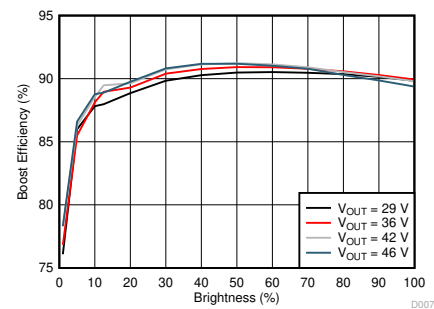
器件信息

器件型号 ⁽¹⁾	封装	本体尺寸 (标称值)
LP8866S-Q1	HTSSOP (38)	9.70mm × 4.40mm
	QFN (32)	5mm × 5mm

- (1) 如需了解所有可用封装, 请参阅数据表末尾的可订购产品附录。



简化版原理图



系统效率



内容

1 特性	1	6.5 编程	44
2 应用	1	7 寄存器映射	47
3 说明	1	7.1 FullMap 寄存器.....	47
4 引脚配置和功能	3	8 应用和实施	63
5 规格	7	8.1 应用信息.....	63
5.1 绝对最大额定值.....	7	8.2 典型应用.....	63
5.2 ESD 等级.....	7	8.3 电源相关建议.....	80
5.3 建议运行条件.....	7	8.4 布局.....	80
5.4 热性能信息.....	8	9 器件和文档支持	83
5.5 电气特性.....	8	9.1 器件支持.....	83
5.6 逻辑接口特性.....	10	9.2 接收文档更新通知.....	83
5.7 I2C 接口的时序要求.....	11	9.3 支持资源.....	83
5.8 典型特性.....	12	9.4 商标.....	83
6 详细说明	13	9.5 静电放电警告.....	83
6.1 概述.....	13	9.6 术语表.....	83
6.2 功能方框图.....	14	10 修订历史记录	83
6.3 特性说明.....	15	11 机械、封装和可订购信息	84
6.4 器件功能模式.....	43		

4 引脚配置和功能

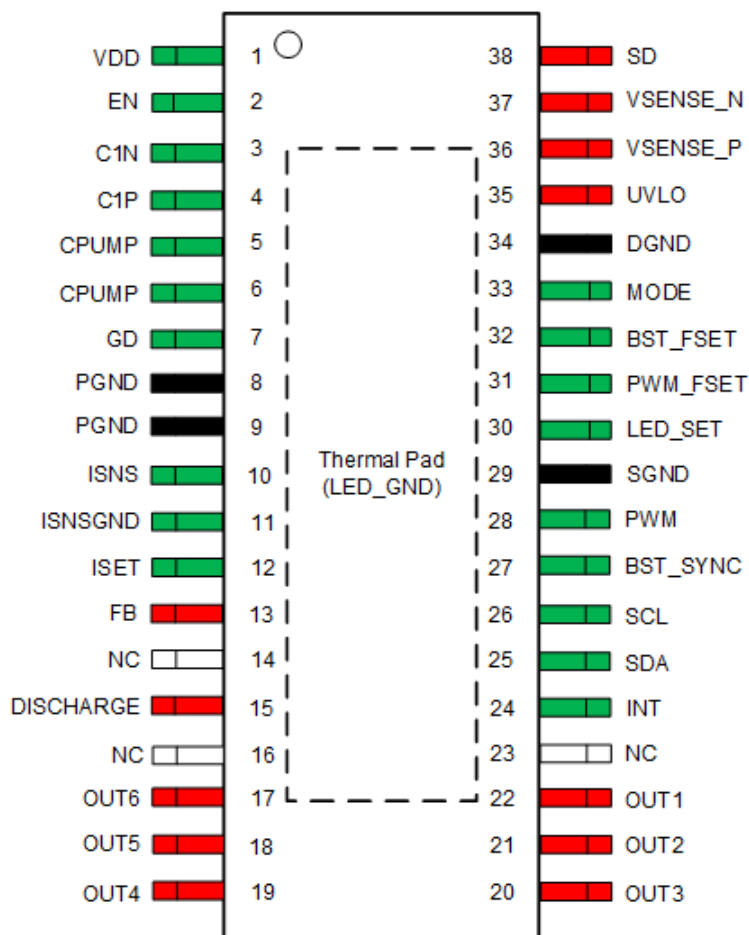
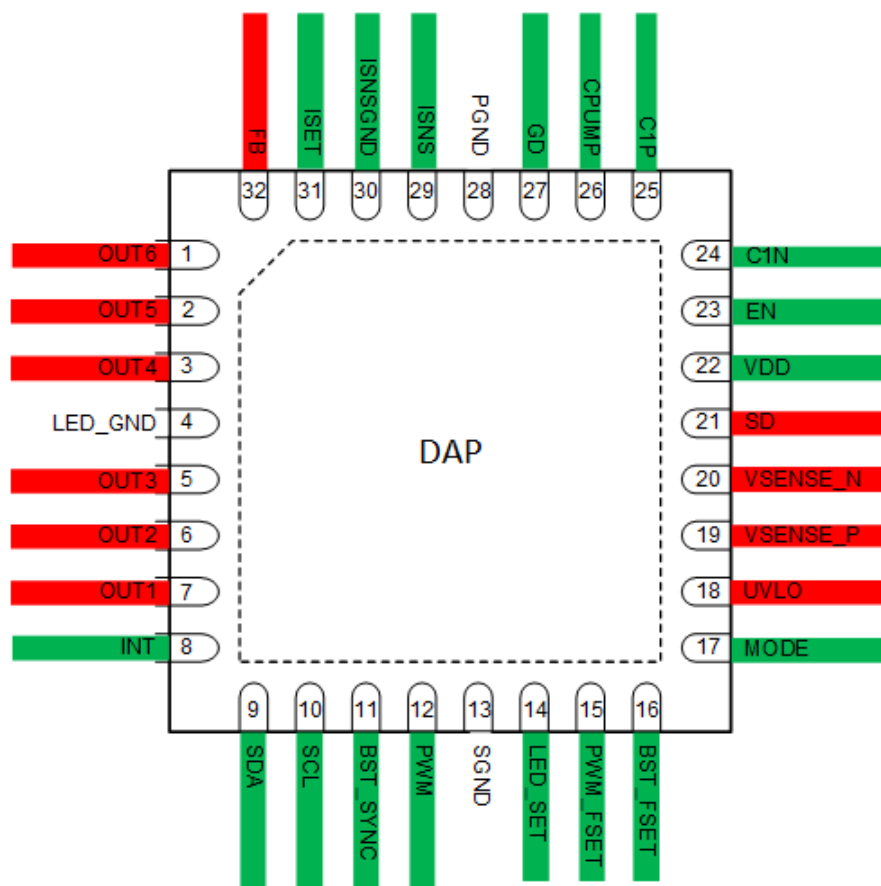


图 4-1. DCP 封装 38 引脚 HTSSOP 顶视图



产品预发布

图 4-2. RHB 封装 32 引脚 QFN 顶视图

表 4-1. HTTSOP 引脚功能

引脚		类型	说明
编号	名称		
1	VDD	电源	内部模拟和数字电路的电源输入。在 VDD 引脚和 GND 之间连接一个 10 μ F 的电容器。
2	EN	模拟	使能输入。
3	C1N	模拟	电荷泵飞跨电容器的负输入。如果未使用该功能，则将该引脚保持悬空状态。
4	C1P	模拟	电荷泵飞跨电容器的正输入。如果未使用该功能，则将该引脚保持悬空状态。
5	CPUMP	电源	电荷泵输出引脚。如果不使用电荷泵，则连接到 VDD。建议在 CPUMP 引脚上使用 4.7 μ F 去耦电容器。
6	CPUMP	电源	电荷泵输出引脚。始终与引脚 5 连接。
7	GD	模拟	外部 N-FET 的栅极驱动器输出。
8	PGND	GND	电源地。
9	PGND	GND	电源地。
10	ISNS	模拟	升压电流检测引脚。
11	ISNSGND	GND	电流感应电阻器 GND。
12	ISET	模拟	通过外部电阻器的 LED 满量程电流设置。
13	FB	模拟	升压反馈输入。
14	NC	不适用	不连接 - 保持悬空。
15	放电	模拟	升压输出电压放电引脚。连接到升压输出。
16	NC	不适用	不连接 - 保持悬空。
17	OUT6	模拟	LED 灌电流输出。如果未使用，则接地。。
18	OUT5	模拟	LED 灌电流输出。如果未使用，则接地。。
19	OUT4	模拟	LED 灌电流输出。未使用的引脚必须接地。
20	OUT3	模拟	LED 灌电流输出。未使用的引脚必须接地。
21	OUT2	模拟	LED 灌电流输出。未使用的引脚必须接地。
22	OUT1	模拟	LED 灌电流输出。未使用的引脚必须接地。
23	NC	不适用	不连接 - 保持悬空。
24	INT	模拟	器件故障中断输出，漏极开路。建议使用 10k Ω 上拉电阻器。
25	SDA	模拟	适用于 I2C 接口的 SDA。建议使用 10k Ω 上拉电阻器。
26	SCL	模拟	适用于 I2C 接口的 SCL。建议使用 10k Ω 上拉电阻器。
27	BST_SYNC	模拟	用于同步升压的输入。不使用同步时，将此引脚接地以禁用展频，或连接到 VDD 以启用展频。
28	PWM	模拟	用于亮度控制的 PWM 输入。如果不使用，应连接到 GND。
29	SGND	GND	信号地。
30	LED_SET	模拟	通过外部电阻器进行 LED 灯串配置。不保持悬空。
31	PWM_FSET	模拟	通过外部电阻器设置 LED 调光频率。不保持悬空。
32	BST_FSET	模拟	通过外部电阻器设置升压开关频率。不保持悬空。
33	MODE	模拟	通过外部电阻器设置调光模式。不保持悬空。
34	DGND	GND	数字地。
35	UVLO	模拟	用于通过连接至 VIN 的外部电阻器编程输入 UVLO 阈值的输入电压检测。
36	VSENSE_P	模拟	用于输入电压检测的引脚，用于 OVP 保护，以及用于输入电流检测的正输入。
37	VSENSE_N	模拟	用于输入电流检测的负输入。如果不使用输入电流检测，请连接到 VSENSE_P 引脚。
38	SD	模拟	电源线 FET 控制。漏极开路输出。如果未使用该引脚，则将其保持悬空。
DAP	LED_GND	GND	LED 接地连接。

表 4-2. QFN 引脚功能

引脚		类型	说明
编号	名称		
1	OUT6	模拟	LED 灌电流输出。如果未使用，则接地。。
2	OUT5	模拟	LED 灌电流输出。如果未使用，则接地。。
3	OUT4	模拟	LED 灌电流输出。未使用的引脚必须接地。
4	LED_GND	GND	LED 接地连接。
5	OUT3	模拟	LED 灌电流输出。未使用的引脚必须接地。
6	OUT2	模拟	LED 灌电流输出。未使用的引脚必须接地。
7	OUT1	模拟	LED 灌电流输出。未使用的引脚必须接地。
8	INT	模拟	器件故障中断输出，漏极开路。建议使用 10k Ω 上拉电阻器。
9	SDA	模拟	适用于 I2C 接口的 SDA。建议使用 10k Ω 上拉电阻器。
10	SCL	模拟	适用于 I2C 接口的 SCL。建议使用 10k Ω 上拉电阻器。
11	BST_SYNC	模拟	用于同步升压的输入。不使用同步时，将此引脚接地以禁用展频，或连接到 VDD 以启用展频。
12	PWM	模拟	用于亮度控制的 PWM 输入。如果不使用，应连接到 GND。
13	SGND	GND	信号地。
14	LED_SET	模拟	通过外部电阻器进行 LED 灯串配置。不保持悬空。
15	PWM_FSET	模拟	通过外部电阻器设置 LED 调光频率。不保持悬空。
16	BST_FSET	模拟	通过外部电阻器设置升压开关频率。不保持悬空。
17	MODE	模拟	通过外部电阻器设置调光模式。不保持悬空。
18	UVLO	模拟	用于通过连接至 VIN 的外部电阻器编程输入 UVLO 阈值的输入电压检测。
19	VSENSE_P	模拟	用于输入电压检测的引脚，用于 OVP 保护，以及用于输入电流检测的正输入。
20	VSENSE_N	模拟	用于输入电流感测的负输入。如果不使用输入电流感测，请连接到 VSENSE_P 引脚。
21	SD	模拟	电源线 FET 控制。漏极开路输出。如果未使用该引脚，则将其保持悬空。
22	VDD	电源	内部模拟和数字电路的电源输入。在 VDD 引脚和 GND 之间连接一个 10 μ F 的电容器
23	EN	模拟	使能输入。
24	C1N	模拟	电荷泵飞跨电容器的负输入。如果未使用该功能，则将该引脚保持悬空状态。
25	C1P	模拟	电荷泵飞跨电容器的正输入。如果未使用该功能，则将该引脚保持悬空状态。
26	CPUMP	电源	电荷泵输出引脚。如果不使用电荷泵，则连接到 VDD。建议在 CPUMP 引脚上使用 4.7 μ F 去耦电容器。
27	GD	模拟	外部 N-FET 的栅极驱动器输出。
28	PGND	GND	电源地。
29	ISNS	模拟	升压电流检测引脚。
30	ISNSGND	GND	电流感应电阻器 GND。
31	ISET	模拟	通过外部电阻器的 LED 满量程电流设置。
32	FB	模拟	升压反馈输入。
DAP	LED_GND	GND	LED 接地连接。

5 规格

5.1 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) (2)}

		最小值	最大值	单位
引脚上的电压	VSENSE_N、SD、UVLO	-0.3	VSENSE_P + 0.3	V
引脚上的电压	VSENSE_P、FB、DISCHARGE、OUT1 至 OUT6	-0.3	52	V
	C1N、C1P、VDD、EN、ISNS、ISNS_GND、INT、MODE、PWM_FSET、BST_FSET、LED_SET、ISET、GD 及 CPUMP	-0.3	6	V
引脚上的电压	PWM、BST_SYNC、SDA、SCL	-0.3	VDD + 0.3	V
	连续功耗 ⁽⁴⁾		内部受限制	W
热	环境温度, T _A ⁽³⁾	-40	125	
	结温, T _J ⁽³⁾	-40	150	°C
	引线温度 (焊接)		260	°C
	贮存温度, T _{stg}	-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。
- (2) 所有电压均以 GND 引脚上的电位为基准。
- (3) 在功率耗散较高和/或封装热阻较差的应用中, 可能需要降低最高额定环境温度。最高环境温度 (T_{A-MAX}) 取决于最高工作结温 (T_{J-MAX} = 150°C)、应用中器件的功耗 (P)、结对板热阻以及系统板与环境之间的温差 (Δt_{BA}), 由以下方程式给出: T_{A-MAX} = T_{J-MAX} - (Θ_{JB} × P) - Δt_{BA}
- (4) 内部热关断电路保护器件不受永久损坏。热关断在 T_J = 165°C (典型值) 时触发, 在 T_J = 150°C (典型值) 时切断。

5.2 ESD 等级

			值	单位
V _(ESD)	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 AEC Q100-002 标准 ⁽¹⁾	±2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 AEC Q100-011 标准	±750	
		转角引脚 (1、19、20 和 38) 其他引脚	±500	

- (1) AEC Q100-002 指示应当按照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范执行 HBM 应力测试。

5.3 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) ⁽¹⁾

		最小值	标称值	最大值	单位
引脚上的电压	VSENSE_P、VSENSE_N、SD、UVLO	3	12	48	V
	FB、DISCHARGE、OUT1 至 OUT6	0		48	
	ISNS、ISNSGND	0		5.5	
	EN、PWM、INT、SDA、SCL、BST_SYNC	0	3.3	5.5	
	VDD	3	3.3/5	5.5	
	C1N、C1P、CPUMP、GD	0	5	5.5	
热	环境温度, T _A	-40		125	°C

- (1) 所有电压均以 GND 引脚上的电位为基准。

5.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		器件		单位
		HTTSOP	QFN	
		38-PIN	32-PIN	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻 ⁽²⁾	32.4	32.9	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	19.5	19.6	
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	8.8	6.8	
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.3	0.3	
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	8.9	6.8	
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	2.7	1.8	

(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。

(2) 结至环境热阻与应用和电路板布局布线密切相关。对于存在较高最大功率耗散的应用, 必须特别注意电路板设计中的散热问题。

5.5 电气特性

限值适用于整个工作温度范围 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$, 除非另有规定。 $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{DD} = 3.3\text{V}$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
一般电气特性						
I_Q	关断模式电流, VDD 引脚	EN = L		1	5	μA
I_Q	工作模式电源电流, VDD 引脚 ⁽¹⁾	FSW = 303kHz, PWM = H, BOOST-FET IPD25N06S4L-30, 禁用电荷泵		15	65	mA
I_Q	工作模式电源电流, VDD 引脚 ⁽¹⁾	FSW = 2200kHz, PWM = H, BOOST-FET IPD25N06S4L-30, 禁用电荷泵		40	75	mA
I_Q	工作模式电源电流, VDD 引脚 ⁽¹⁾	FSW = 303kHz, PWM = H, BOOST-FET IPD25N06S4L-30, 启用电荷泵		20	91	mA
I_Q	工作模式电源电流, VDD 引脚 ⁽¹⁾	FSW = 2200kHz, PWM = H, BOOST-FET IPD25N06S4L-30, 启用电荷泵		65	104	mA
CPUMP 和 LDO 电气特性						
V_{CPUMP}	电压精度	$V_{DD} = 3.0$ 至 3.6V ; $I_{LOAD} = 1$ 至 50mA	4.8	5	5.2	V
f_{CP}	CP 开关频率		387	417	447	kHz
V_{CPUMP_UVLO}	VCPUMP UVLO 阈值	V_{CPUMP} 下降沿	3.95	4.2	4.4	V
V_{CPUMP_UVLO}	VCPUMP UVLO 阈值	V_{CPUMP} 上升沿	4.15	4.4	4.6	V
V_{CPUMP_HYS}	VCPUMP UVLO 磁滞		0.1	0.2		V
T_{START_UP}	电荷泵启动时间	$C_{CPUMP} = 10\mu\text{F}$		1000	2000	μs
保护电气特性						
$V_{DD_UVLO_F}$	V_{DD} UVLO 阈值	V_{DD} 下降	2.68	2.8	2.92	V
$V_{DD_UVLO_R}$	V_{DD} UVLO 阈值	V_{DD} 上升			3.0	V
$V_{DD_UVLO_H}$	V_{DD} UVLO 磁滞			0.1		V
$V_{IN_UVLO_TH}$	UVLO 引脚阈值	V_{UVLO} 下降	0.753	0.777	0.801	V
I_{UVLO}	UVLO 引脚偏置电流	$V_{UVLO} = V_{UVLO_TH} + 50\text{mV}$		-5		μA
$V_{IN_OVLP_TH}$	OVP 阈值	V_{SENSE_P} 上升	40.8	43	45.2	V

5.5 电气特性 (续)

限值适用于整个工作温度范围 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ ，除非另有规定。 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ ， $V_{\text{DD}} = 3.3\text{V}$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{INOVPHYS}	OVP 迟滞			1.7		V
V_{INOCPTH}	输入 OCP 阈值	$R_{\text{ISENSE}} = 20\text{m}\Omega$	187	220	253	mV
T_{SD}	热关断阈值 ⁽¹⁾	温度上升	150	165	180	$^{\circ}\text{C}$
T_{SD}	热关断迟滞 ⁽¹⁾			20		$^{\circ}\text{C}$
$I_{\text{SD_LEAKAGE}}$	SD 漏电流	$V_{\text{SD}} = 48\text{V}$		1		μA
I_{SD}	SD 下拉电流	$R_{\text{SD}} = 20\text{k}\Omega$	250	325	400	μA
$V_{\text{FB_OVPL}}$	FB 引脚 — 升压 OVP 低阈值			1.423		V
$V_{\text{FB_OVPH}}$	FB 引脚 — 升压 OVP 高阈值			1.76		V
$V_{\text{FB_UVP}}$	FB 引脚 — 升压 OCP 阈值			0.886		V
$V_{\text{BST_OVPH}}$	放电引脚 — 升压 OVP 高阈值		48.5	50	51.8	V
输入 PWM 电气特性						
$I_{\text{PWM_LEAKAGE}}$	PWM 漏电流	$V_{\text{PWM}} = 5\text{V}$		1		μA
$f_{\text{PWM_IN}}$	PWM 输入频率		100		20000	Hz
$t_{\text{PWM_MIN_ON}}$	PWM 输入最短导通时间	直接 PWM 模式			200	ns
$t_{\text{PWM_MIN_ON}}$	PWM 输入最短导通时间	相移 PWM 模式、混合模式、电流调光模式		200	220	ns
PWM_IN_RES	PWM 输入分辨率	$f_{\text{PWM_IN}} = 100\text{Hz}$		16		位
PWM_IN_RES	PWM 输入分辨率	$f_{\text{PWM_IN}} = 20\text{kHz}$		10		位
LED 灌电流及 LED PWM 电气特性						
I_{LEAKAGE}	OUTx 上的漏电流	$\text{OUTx} = V_{\text{OUT}} = 45\text{V}$ ， $\text{EN} = \text{L}$		0.1	2.5	μA
V_{ISET}	ISET 电压		1.17	1.21	1.25	V
I_{MAX}	最大 LED 灌电流	OUTx		200		mA
$V_{\text{ISET_UVLO}}$	ISET 引脚欠压		0.97	1	1.03	V
R_{ISET}	ISET 电阻器范围	$I_{\text{OUT}} = 30\text{mA}$ 至 200mA	15.6		104	$\text{k}\Omega$
$I_{\text{LED_LIMIT}}$	ISET 引脚短接 GND 时的 LED 电流限制			280		mA
I_{ACC}	LED 灌电流精度	$R_{\text{ISET}} = 15.6\text{k}\Omega$ ， $I_{\text{OUT}} = 150\text{mA}$ ， $\text{PWM} = 100\%$	-4		4	%
I_{MATCH}	LED 灌电流匹配	$R_{\text{ISET}} = 15.6\text{k}\Omega$ ， $I_{\text{OUT}} = 150\text{mA}$ ， $\text{PWM} = 100\%$		1	3.5	%
f_{DIM}	LED 调光频率	$\text{PWM_FSET} = 3.92\text{k}\Omega$	141	152	163	Hz
f_{DIM}	LED 调光频率	$\text{PWM_FSET} = 4.75\text{k}\Omega$	283	305	327	
f_{DIM}	LED 调光频率	$\text{PWM_FSET} = 5.76\text{k}\Omega$	567	610	653	
f_{DIM}	LED 调光频率	$\text{PWM_FSET} = 7.87\text{k}\Omega$	1135	1221	1307	
f_{DIM}	LED 调光频率	$\text{PWM_FSET} = 11\text{k}\Omega$	2270	2441	2612	
f_{DIM}	LED 调光频率	$\text{PWM_FSET} = 17.8\text{k}\Omega$	4541	4883	5225	
f_{DIM}	LED 调光频率	$\text{PWM_FSET} = 42.4\text{k}\Omega$	9082	9766	10450	
f_{DIM}	LED 调光频率	$\text{PWM_FSET} = 124\text{k}\Omega$	18163	19531	20899	

5.5 电气特性 (续)

限值适用于整个工作温度范围 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ ，除非另有规定。 $V_{IN} = 12\text{V}$ ， $V_{DD} = 3.3\text{V}$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
DIM	调光比	f _{PWM_OUT} = 152Hz	32000:1			
DIM	调光比	f _{PWM_OUT} = 4.88kHz	1000:1			
V _{HEADROOM}	LED 灌电流余量		0.7			V
V _{HEADROOM_HYS}	LED 灌电流余量迟滞		0.8			V
V _{LEDSHORT}	LED 内部短路阈值		5.4			V
V _{SHORTGND}	LED 接地短路阈值		0.24			V
t _{PWM_OUT}	LED 输出最小脉冲		200			ns
升压转换器电气特性						
f _{SW}	开关频率	BST_FSET = 7.87k Ω	93	100	107	kHz
f _{SW}	开关频率	BST_FSET = 4.75k Ω	186	200	214	kHz
f _{SW}	开关频率	BST_FSET = 5.76k Ω	281	303	325	kHz
f _{SW}	开关频率	BST_FSET = 3.92k Ω	372	400	428	kHz
f _{SW}	开关频率	BST_FSET = 11k Ω	465	500	535	kHz
f _{SW}	开关频率	BST_FSET = 17.8k Ω	1690	1818	1946	kHz
f _{SW}	开关频率	BST_FSET = 42.4k Ω	1860	2000	2140	kHz
f _{SW}	开关频率	BST_FSET = 124k Ω	2066	2222	2378	kHz
V _{ISNS}	外部 FET 电流限制	V _{ISNS} 阈值, R _{SENSE} = 15 至 50m Ω	180	200	220	mV
I _{SEL_MAX}	IDAC 最大电流	V _{DD} = 3.3V	36.4	38.7	40.2	μA
R _{DS_ONH}	高侧 FET 到栅极驱动器的 R _{DSON}	V _{GD} / (R _{DS_ON} + SW FET 的栅极输入的总电阻) 不得高于 2.5A	1.4			Ω
R _{DS_ONL}	低侧 FET 到栅极驱动器的 R _{DSON}	V _{GD} / (R _{DS_ON} + SW FET 的栅极输入的总电阻) 不得高于 2.5A	0.75			Ω
t _{STARTUP}	启动时间	从升压软启动开始到 LED 驱动器可开始的延迟	50			ms
T _{ON}	最短开关导通时间		150			ns
T _{OFF}	最短开关关断时间		150			ns

(1) ATE 不保证此规格

5.6 逻辑接口特性

限值适用于整个工作温度范围 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ ，除非另有规定。 $V_{IN} = 12\text{V}$ ， $V_{DD} = 5\text{V}$ ， $V_{EN} = 3.3\text{V}$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
LOGIC INPUT EN						
VEN _{IL}	EN 逻辑低电平阈值				0.4	V
VEN _{IH}	EN 逻辑高电平阈值		1.2			V
R _{ENPD}	EN 引脚内部下拉电阻			1		M Ω
LOGIC INPUT SDA、SCL、BST_SYNC 和 PWM						
V _{IL}	逻辑低电平阈值	V _{DD} = 3.3V 和 5V			0.4	V
V _{IH}	逻辑高电平阈值	V _{DD} = 3.3V 和 5V	1.2			V
LOGIC OUTPUT SDA , INT						
V _{OL}	输出低电平	I = 3mA		0.2	0.4	V

限值适用于整个工作温度范围 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ ，除非另有规定。 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ ， $V_{\text{DD}} = 5\text{V}$ ， $V_{\text{EN}} = 3.3\text{V}$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{LEAKAGE}	输出泄漏电流	$V = 3.3\text{V}$			1	μA

5.7 I2C 接口的时序要求

限值适用于整个工作温度范围 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ ，除非另有规定。 $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ ， $V_{\text{DD}} = 5\text{V}$ ， $V_{\text{EN}} = 3.3\text{V}$ 。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{SCLK}	时钟频率				400	kHz
1	(重复) START 条件后的保持时间		0.6			μs
2	时钟低电平时间		1.3			μs
3	时钟高电平时间		600			ns
4	重复 START 条件的建立时间		600			ns
5	数据保持时间		50			ns
6	数据设置时间		100			ns
7	SDA 和 SCL 的上升时间				300	ns
8	SDA 和 SCL 的下降时间				300	ns
9	STOP 条件的建立时间		600			ns
10	停止和启动条件之间的总线空闲时间		1.3			μs

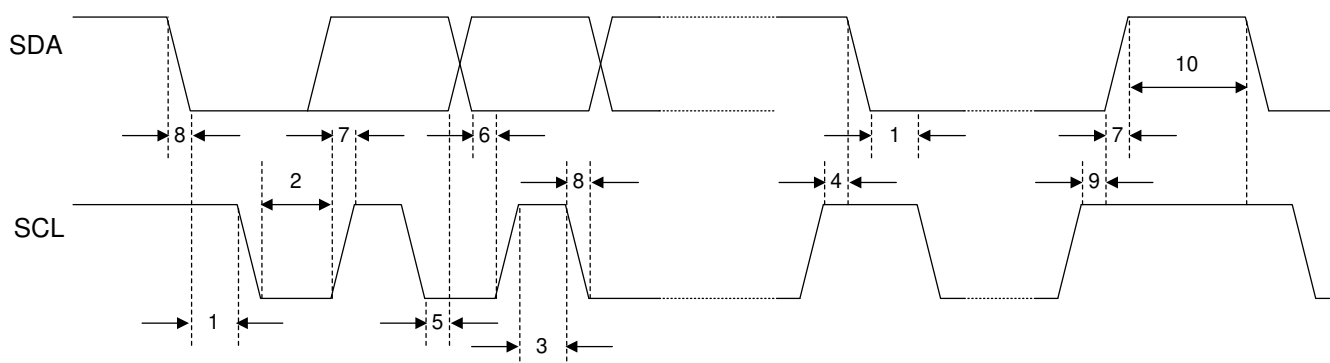


图 5-1. I2C 时序图

5.8 典型特性

除非另有说明： $C_{IN} = C_{OUT} = 2 \times 10 \mu F$ 陶瓷和 $2 \times \mu F$ $33 \mu F$ 电解电容器， $V_{DD} = 3.3V$ ，已启用电荷泵， $T_A = 25^\circ C$

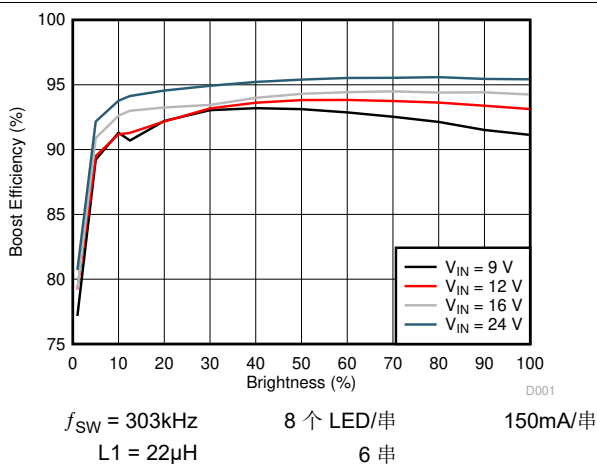


图 5-2. 升压效率

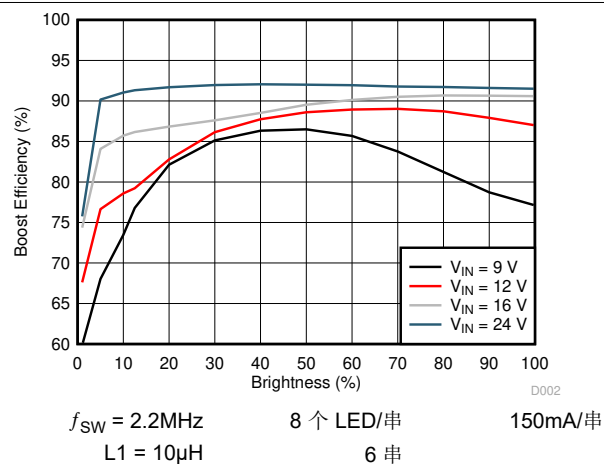


图 5-3. 升压效率

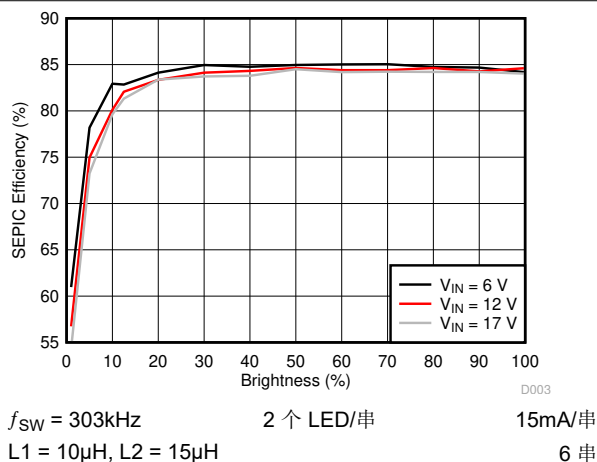


图 5-4. SEPIC 效率

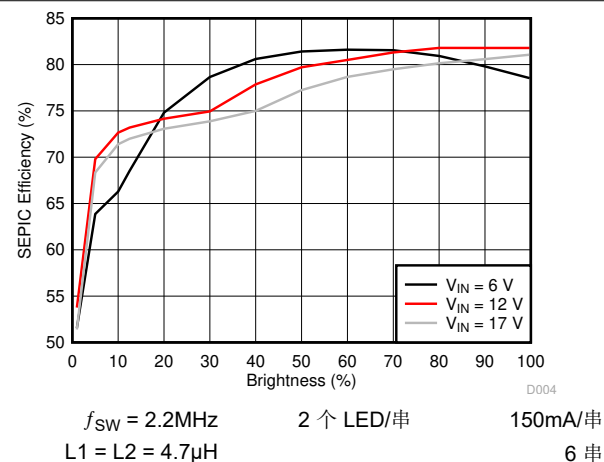


图 5-5. SEPIC 效率

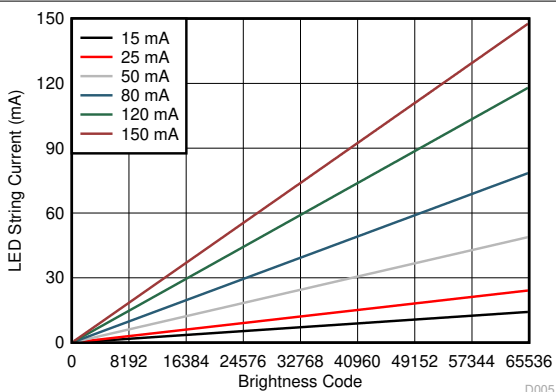


图 5-6. 电流线性

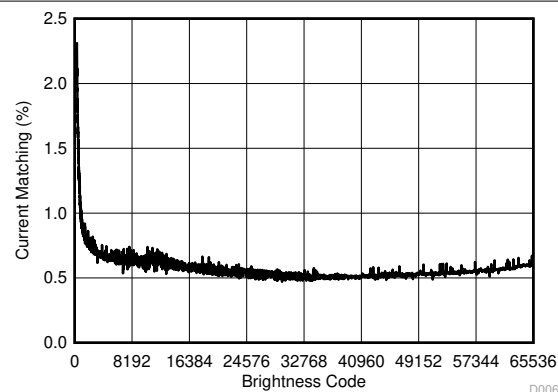


图 5-7. 电流匹配

6 详细说明

6.1 概述

LP8866S-Q1 器件是一款适用于汽车信息娱乐系统、仪表组、HUD 和其他汽车显示 LED 背光应用的高压 LED 驱动器。默认情况下，PWM 输入用于亮度控制。或者，也可以通过 I2C 接口来控制亮度。

升压频率、LED PWM 频率和 LED 灯串电流由外部电阻器通过 BST_FSET、PWM_FSET 和 ISET 引脚来进行配置。INT 引脚用于向系统报告故障。可通过 I2C 接口清除故障中断状态，也可在 EN 引脚的下降沿清除故障中断状态。

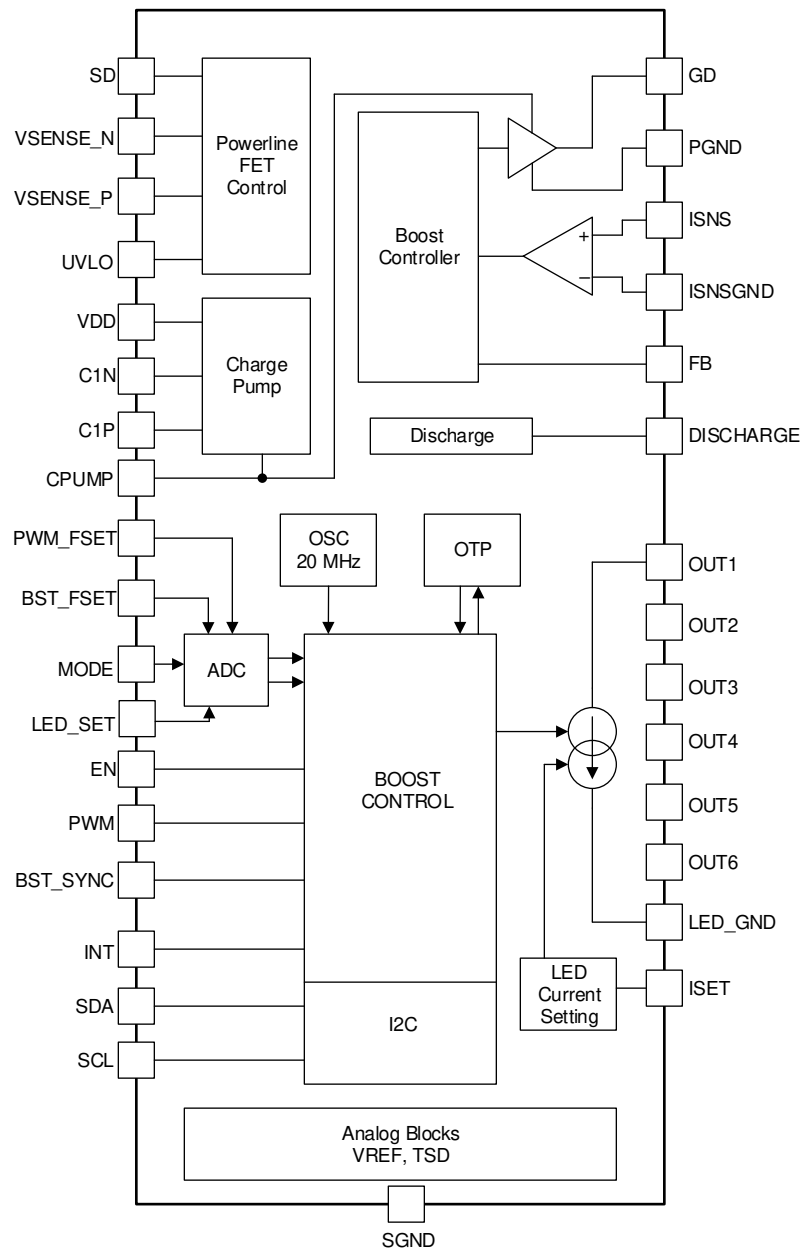
LP8866S-Q1 支持纯 PWM 调光。六个 LED 电流驱动器可为每个输出提供高达 150mA 的电流，并且可以连接在一起以支持电流更高的 LED。LED 驱动器的最大输出电流通过 ISET 电阻进行设置，并且可以选择通过 I2C 接口经由 LEDx_CURRENT[11:0] 寄存器位进行缩放。LED 输出 PWM 频率通过 PWM_FSET 电阻器设置。连接的 LED 灯串的数量通过 LED_SET 电阻器配置，器件会自动选择相应的相移模式。例如，如果器件设置为 4 串模式，则每个 LED 输出彼此之间存在 90 度相移 ($= 360 / 4$)。必须连接到 GND 的未使用输出将被禁用并排除在自适应电压之外，并且不会产生任何 LED 故障。

从 V_{OUT} 连接到 FB 引脚的电阻分压器可以设置最大升压电压。为了实现出色效率，升压电压会自动调整为通过持续监测所有 LED 输出电压来驱动 LED 灯串所需的最低必要电平。升压调节器的开关频率可以通过 BST_FSET 电阻器设置在 100kHz 和 2.2MHz 之间。升压具有启动特性，可在启动期间减小电源线的峰值电流。LP8866S-Q1 还可以控制电源线 FET，以在禁用时减少电池泄漏、并在发生故障时提供隔离和保护。

LP8866S-Q1 的故障检测功能包括：

- LED 开路和短路检测
 - LED 故障检测可防止某些 LED 灯串开路或者短路时系统过热
- LED 接地短路检测
- ISET/BST_FSET/PWM_FSET/LED_SET/MODE 电阻器超限检测
- 升压过流
- 升压过压
- 器件欠压保护 (VDD UVLO)
 - 从 VDD 引脚进行阈值检测
- V_{IN} 输入过压保护 (V_{IN} OVP)
 - 通过 VSENSE_P 引脚进行阈值检测
- V_{IN} 输入欠压保护 (V_{IN} UVLO)
 - 从 UVLO 引脚进行阈值检测
- V_{IN} 输入过流保护 (V_{IN} OCP)
 - VSENSE_P 引脚和 VSENSE_N 引脚之间的电压阈值检测
- 裸片过热情况下的热关断

6.2 功能方框图



6.3 特性说明

6.3.1 控制接口

器件控制接口包括：

- EN 是 LP8866S-Q1 器件的启用输入。
- PWM 是用于按占空比控制全部电流阱亮度的默认输入。
- INT 是指示故障条件检测的开漏故障输出。
- SDA 和 SCL 是 I2C 接口的数据和时钟线，用于控制所有电流阱的亮度并读回故障条件以进行诊断。
- BST_SYNC 用于为升压开关频率输入外部时钟，并控制内部升压时钟模式。
 - 启动时自动检测外部时钟，如果缺少外部时钟，则使用内部时钟。
 - 或者，可以将 BST_SYNC 连接到 VDD 以启用升压展频功能，也可以连接到 GND 以禁用升压展频。
- ISET 引脚用于设置每个灯串的最大 LED 电流电平。

6.3.2 功能设置

器件参数设置包括：

- BST_FSET 引脚用于通过连接到信号接地的电阻器来设置升压开关频率。
- PWM_FSET 引脚用于通过连接到信号接地的电阻器来设置 LED 输出 PWM 调光频率。
- MODE 引脚用于通过连接到信号接地的外部电阻器来设置调光模式。
- LED_SET 引脚用于通过连接到信号接地的电阻器来设置 LED 配置。
- ISET 引脚用来设置每个 OUTx 引脚的最大 LED 电流电平。

6.3.3 器件电源 (VDD)

LP8866S-Q1 的所有内部模拟和数字块均由 VDD 引脚的外部电源偏置。典型的 5V 或 3.3V 电源轨能够从以前的线性稳压器或具有至少 150mA 电流能力的直流/直流转换器为 VDD 供电。

6.3.4 使能 (EN)

LP8866S-Q1 仅在 EN 引脚的输入电压高于电压阈值 (V_{ENIH}) 时打开，在 EN 引脚的电压低于阈值 (V_{ENIL}) 时关闭。通过将 EN 引脚置为有效来启用 LP8866S-Q1 后，所有模拟和数字模块即可开始运行。如果 EN 引脚置为无效，则 SD 引脚悬空，I2C 接口和故障检测不会激活。

6.3.5 电荷泵

集成的稳压电荷泵可以用于为升压控制器的外部 FET 提供栅极驱动。通过自动检测 VDD 和 CPUMP 引脚是否连接在一起来启用或者禁用电荷泵。如果 $V_{DD} < 4.5V$ ，则使用电荷泵产生 5V 栅极电压来驱动外部升压开关 FET。为了使用电荷泵，需要在 C1N 和 C1P 之间放置一个 $2.2\mu F$ 电容器。如果不需要电荷泵，C1N 和 C1P 可以保持未连接状态，并且 CPUMP 引脚连接到 VDD。 $4.7\mu F$ CPUMP 电容器用来存储栅极驱动器的能量。在电荷泵启用和禁用状态下，需要使用 CPUMP 电容器，并且必须尽可能靠近 CPUMP 引脚放置。图 6-1 和图 6-2 显示了两个用例所需的连接。

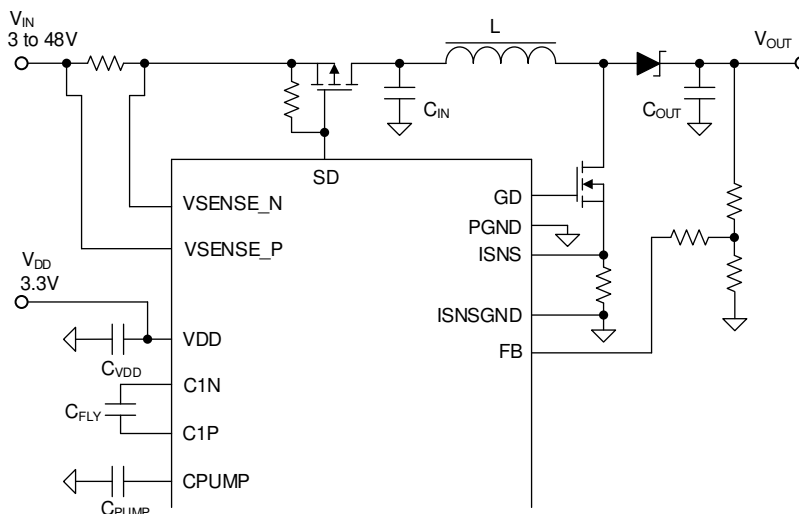


图 6-1. 电荷泵启用电路

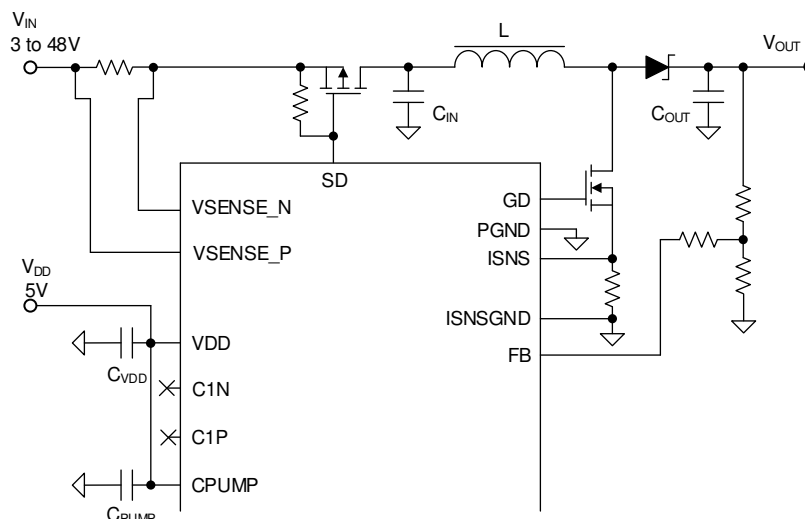


图 6-2. 电荷泵禁用电路

如果启用了电荷泵，CPCAP_STATUS 位会显示是否检测到飞跨电容器，而 CP_STATUS 位会显示任何电荷泵故障的状态并生成 INT 信号。CP_INT_EN 位可以用于防止电荷泵故障导致 INT 引脚中断。

6.3.6 升压控制器

LP8866S-Q1 电流模式控制的升压直流/直流控制器为 LED 生成阳极电压。升压是一种具备逐周期电流限制的电流模式控制拓扑。升压转换器检测开关电流以及连接在 ISNS 及 ISNSGND 之间的外部检测电阻器上的电流。20mΩ 检测电阻可以产生 10A 逐周期电流限制。检测电阻值可以在 15mΩ 和 50mΩ 之间变化，具体取决于应用。最大升压电压通过 V_{OUT} 及 FB 之间连接的外部 FB 引脚电阻分压器进行配置。FB 分压器公式如 [节 6.3.6.3](#) 所述。

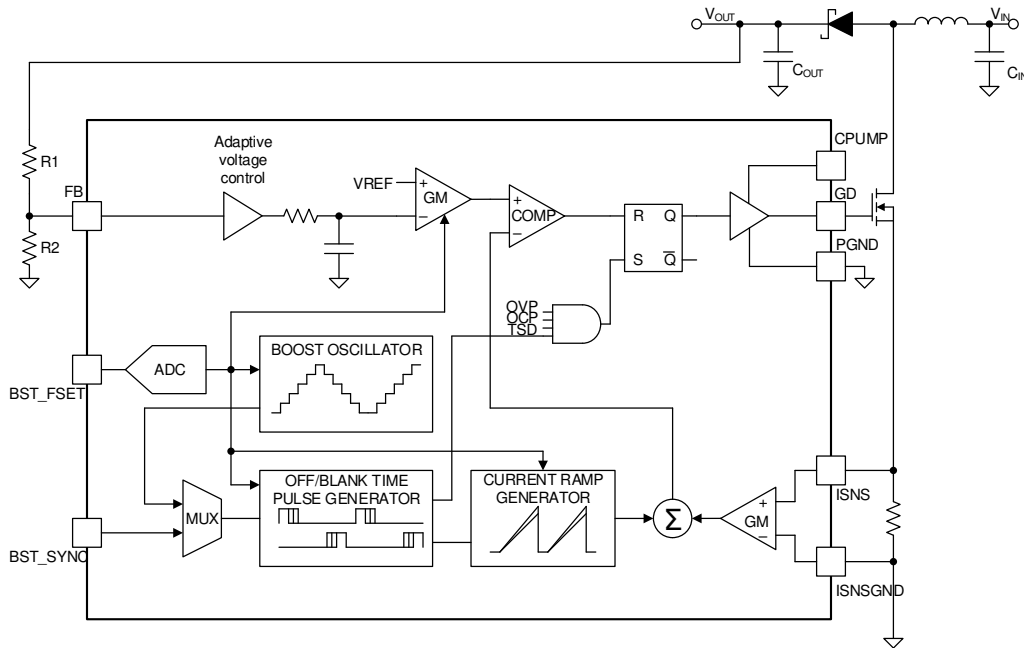


图 6-3. 升压控制器方框图

升压开关频率可通过 BST_FSET 上的外部电阻器在 100kHz 至 2.2MHz 范围内调节 (请参阅 [表 6-1](#))。需要精度为 1% 的电阻器来保持正常运行。

表 6-1. 升压频率选择

R_BST_FSET (kΩ)	升压频率 (kHz)
3.92	400
4.75	200
5.76	303
7.87	100
11	500
17.8	1818
42.2	2000
124	2222

6.3.6.1 升压逐周期电流限制

ISNS 及 ISNSGND 之间的电压用于升压直流/直流控制器的电流检测和逐周期电流限制设置。当达到逐周期电流限值时，控制器将立即关断开关 MOSFET，并在下一个开关周期中再次导通 MOSFET。该逐周期电流限制可用作所有相关直流/直流元件（电感器、肖特基二极管和开关 MOSFET）的通用保护，以避免电流超过其最大限值。逐周期电流限制不会触发器件的任何故障。

$$I_{\text{CYCLE_LIMIT}} = \frac{V_{\text{ISNS}}}{R_{\text{SENSE}}} \quad (1)$$

其中

- $V_{\text{ISNS}} = 200\text{mV}$

6.3.6.2 控制器最短开/关时间

器件升压直流/直流控制器具有最短导通/关断时间，如下表所示。在系统设计中应特别注意最短关断时间。SW 节点上升时间加上下降时间应大于最短关断时间，以避免控制器不关断 MOSFET。

表 6-2. 控制器最短关断时间

频率 (kHz)	最短关断时间 (ns)	最短导通时间 (ns)
100 至 500	150	150
1818 至 2222	40	110

6.3.6.3 升压自适应电压控制

LP8866S-Q1 升压直流/直流转换器为 LED 生成阳极电压。在正常运行期间，升压输出电压基于 LED 电流吸收余量电压自动调整。这称为自适应升压控制。使用的 LED 输出数量由 LED_SET 引脚设置，并且仅监测有效 LED 输出以控制自适应升压电压。具有开路或短路故障的任何 LED 灯串也会从自适应电压控制环路中移除。控制环路会定期监测 LED 驱动器引脚电压，如果任何 LED 输出降至 V_{HEADROOM} 阈值以下，则升压电压升高。升压电压会降低，直到任何 LED 输出都达到 V_{HEADROOM} 阈值。请参阅图 6-4，了解升压电压如何根据 OUTx 引脚电压、 V_{HEADROOM} 和 $V_{\text{HEADROOM_HYS}}$ 自动调节。

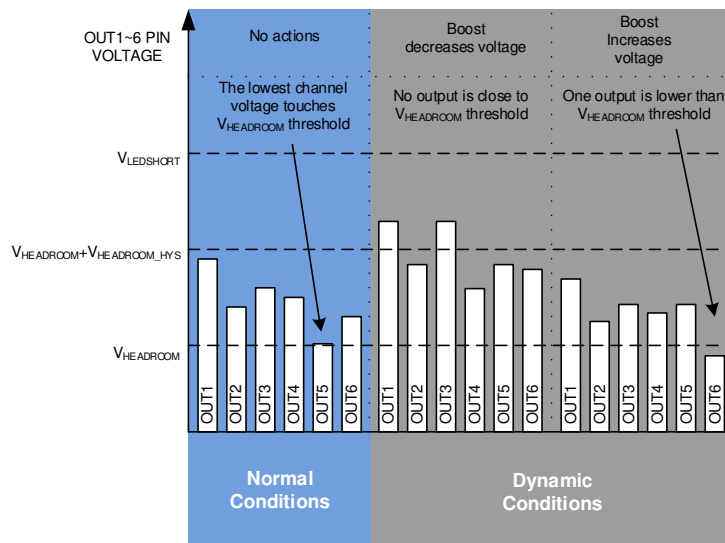


图 6-4. 自适应升压电压控制环路功能

电阻分压器 (R_1 、 R_2) 定义了最小和最大自适应升压电压水平。反馈电路在升压及 SEPIC 拓扑中的运行方式相同。根据最大 LED 灯串电压规格选择最大升压电压，并需要至少比最大 LED 灯串电压高 1V 才能使灌电流正常工作。在 LED 驱动器处于活动状态之前，升压启动至初始升压电平。初始升压电压大约处于最小到最大升压电压的 88% 点。一旦 LED 驱动器通道处于运行状态，升压输出电压将根据 OUTx 引脚电压自动调整。在 HUD 应用中，FB 引脚电阻分压器还可调节升压 OVP、OCP 电平和 LED 短路电平。

6.3.6.3.1 使用双电阻方法的FB分压器

典型FB引脚电路在升压输出电压和接地之间使用一个双电阻分压器电路。

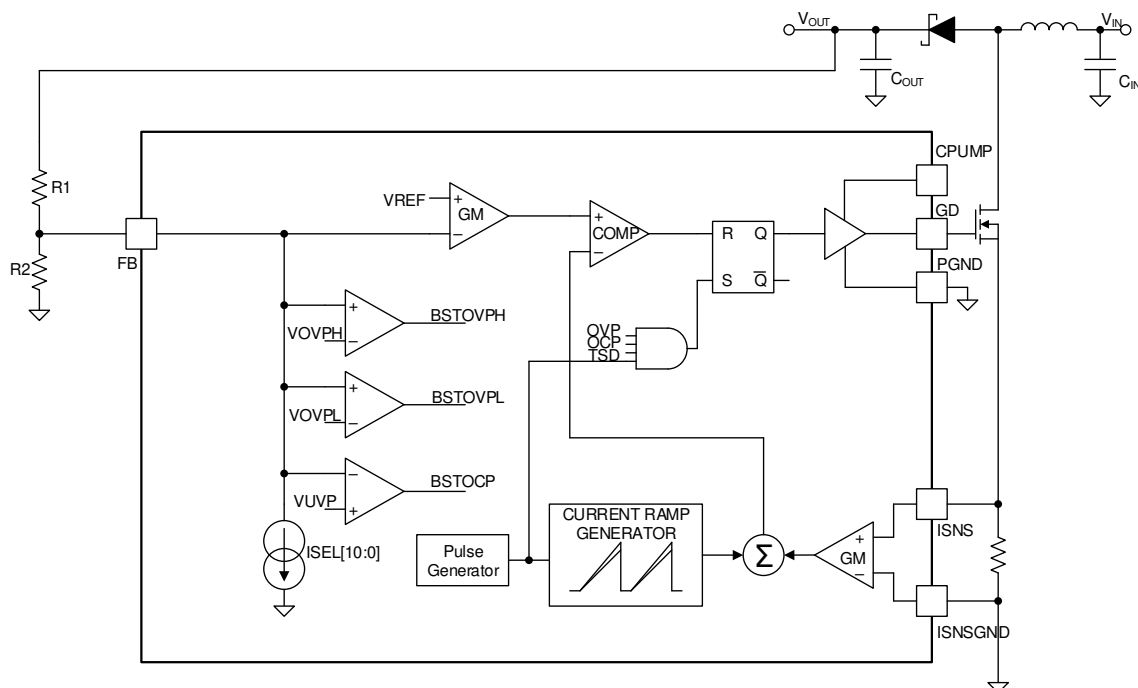


图 6-5. 双电阻 FB 分压器电路

最大升压电压可以用公式 2 计算。在 OPEN 灯串检测期间或所有 LED 灯串都保持断开状态时，可以达到最大升压电压。

$$V_{\text{BOOST_MAX}} = I_{\text{SEL_MAX}} \times R_1 + \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times V_{\text{REF}} \quad (2)$$

其中

- $V_{\text{REF}} = 1.21\text{V}$
- $I_{\text{SEL_MAX}} = 38.7\mu\text{A}$
- R_1/R_2 的正常建议范围为 7~15

最小升压电压必须小于最小 LED 灯串电压。最小升压电压通过公式 3 计算：

$$V_{\text{BOOST_MIN}} = \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times V_{\text{REF}} \quad (3)$$

其中

- $V_{\text{REF}} = 1.21\text{V}$

当达到升压 OVP_LOW 电平时，升压控制器停止开关升压 FET，并且 BSTOVPL_STATUS 位会被设置。在这种情况下，LED 驱动器仍处于活动状态，升压输出电压下降后，升压将恢复正常的开关操作。升压 OVP 低电压阈值随着电流升压电压动态变化。它通过公式 4 计算：

$$V_{\text{BOOST_OVPL}} = V_{\text{BOOST}} + \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times (V_{\text{FB_OVPL}} - V_{\text{REF}}) \quad (4)$$

其中

- $V_{\text{FB_OVPL}} = 1.423\text{V}$
- $V_{\text{REF}} = 1.21\text{V}$

当达到升压 **OVP_HIGH** 电平时，升压控制器将进入故障恢复模式，并且 **BSTOVPH_STATUS** 位会被设置。升压 **OVP** 高压阈值也会随电流升压电压动态变化，在 [公式 5](#) 中计算：

$$V_{\text{BOOST_OVPH}} = V_{\text{BOOST}} + \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times (V_{\text{FB_OVPH}} - V_{\text{REF}}) \quad (5)$$

其中

- $V_{\text{FB_OVPH}} = 1.76\text{V}$
- $V_{\text{REF}} = 1.21\text{V}$

当达到升压 **UVP** 级别时，升压控制器启动一个 **110ms OCP** 计数器。**LP8866S-Q1** 器件进入故障恢复模式，并在计时器到期之前升压电压未上升到 **UVP** 阈值以上时设置 **BSTOCP_STATUS** 位。升压 **UVP** 电阈值也会随电流升压电压动态变化，在 [公式 6](#) 中计算：

$$V_{\text{BOOST_UVP}} = V_{\text{BOOST}} - \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times (V_{\text{REF}} - V_{\text{UVP}}) \quad (6)$$

其中

- $V_{\text{UVP}} = 0.886\text{V}$
- $V_{\text{REF}} = 1.21\text{V}$

6.3.6.3.2 使用三电阻方法的FB分压器

使用三电阻分压器电路的FB引脚电路可以用于需要低于 200kΩ 电阻的应用。

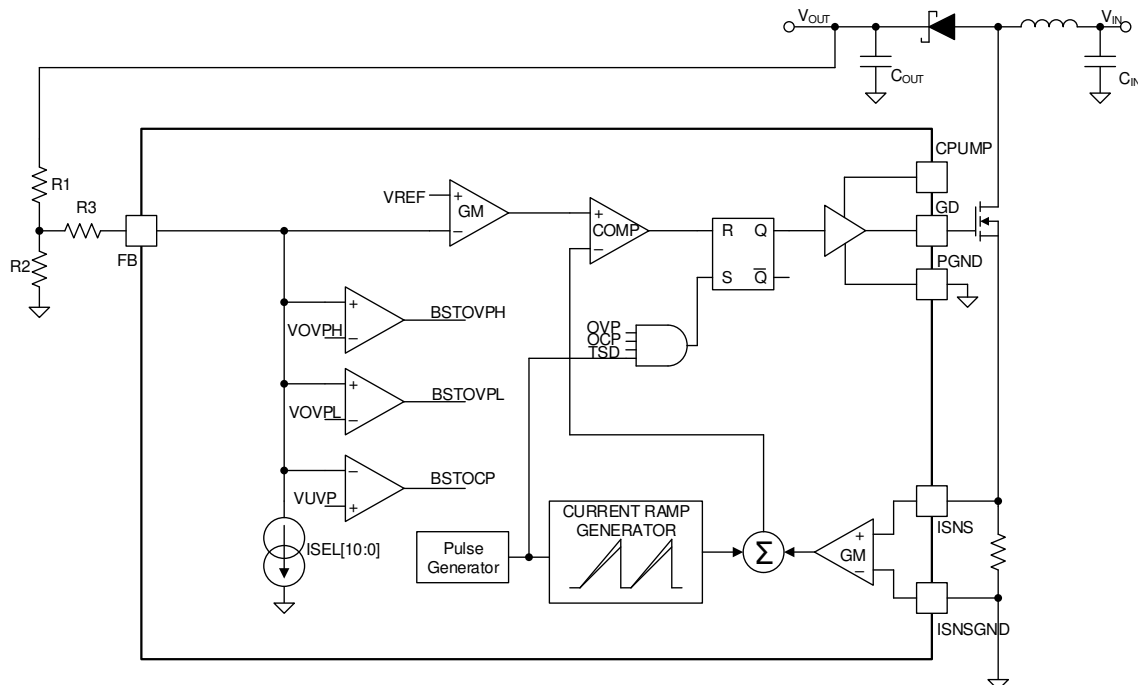


图 6-6. 三电阻 FB 分压器电路

最大升压电压可以用公式 7 计算。在 OPEN 灯串检测期间或所有 LED 灯串都保持断开状态时，可以达到最大升压电压。

$$V_{\text{BOOST_MAX}} = \left(\frac{R_1 \times R_3}{R_2} + R_1 + R_3 \right) \times I_{\text{SEL_MAX}} + \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times V_{\text{REF}} \quad (7)$$

其中

- $V_{\text{REF}} = 1.21\text{V}$
- $I_{\text{SEL_MAX}} = 38.7\mu\text{A}$
- R_1/R_2 的正常建议范围为 7 至 15

最小升压电压必须小于最小 LED 灯串电压。最小升压电压在方程式 8 中计算：

$$V_{\text{BOOST_MIN}} = \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times V_{\text{REF}} \quad (8)$$

当达到升压 OVP_LOW 电平时，升压控制器停止开关升压 FET，并且 BSTOVPL_STATUS 位会被设置。在这种情况下，LED 驱动器仍处于活动状态，升压输出电平下降后，升压将恢复正常的开关操作。升压 OVP 低电压阈值随着电流升压电压动态变化。升压 OVP 低电压的在方程式 9 中计算：

$$V_{\text{BOOST_OVPL}} = V_{\text{BOOST}} + \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times (V_{\text{FB_OVPL}} - V_{\text{REF}}) \quad (9)$$

其中

- $V_{FB_OVPL} = 1.423V$
- $V_{REF} = 1.21V$

当达到升压 OVP_LOW 电平时，升压控制器将进入故障恢复模式，并且 BSTOVPH_STATUS 位会被设置。升压 OVP 高压阈值也会随电流升压电压动态变化，在[方程式 10](#) 中计算：

$$V_{BOOST_OVPH} = V_{BOOST} + \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times (V_{FB_OVPH} - V_{REF}) \quad (10)$$

其中

- $V_{FB_OVPH} = 1.76V$
- $V_{REF} = 1.21V$

当达到升压 UVP 级别时，升压控制器启动一个 110ms OCP 计数器。LP8866S-Q1 器件进入故障恢复模式，并在计时器到期之前升压电压未上升到 UVP 阈值以上时设置 BSTOCP_STATUS 位。升压 UVP 电阈值也会随电流升压电压动态变化，在[方程式 11](#) 中计算：

$$V_{BOOST_UVP} = V_{BOOST} - \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times (V_{REF} - V_{UVP}) \quad (11)$$

其中

- $V_{UVP} = 0.886V$
- $V_{REF} = 1.21V$

6.3.6.3.3 使用外部补偿的FB分压器

该器件具有内部补偿网络，可在大多数情况下使直流-直流控制环路保持良好的稳定性。但是，也可以在FB引脚上添加额外的外部补偿网络，以便在环路设计或解决一些极端用例方面提供更大的灵活性。

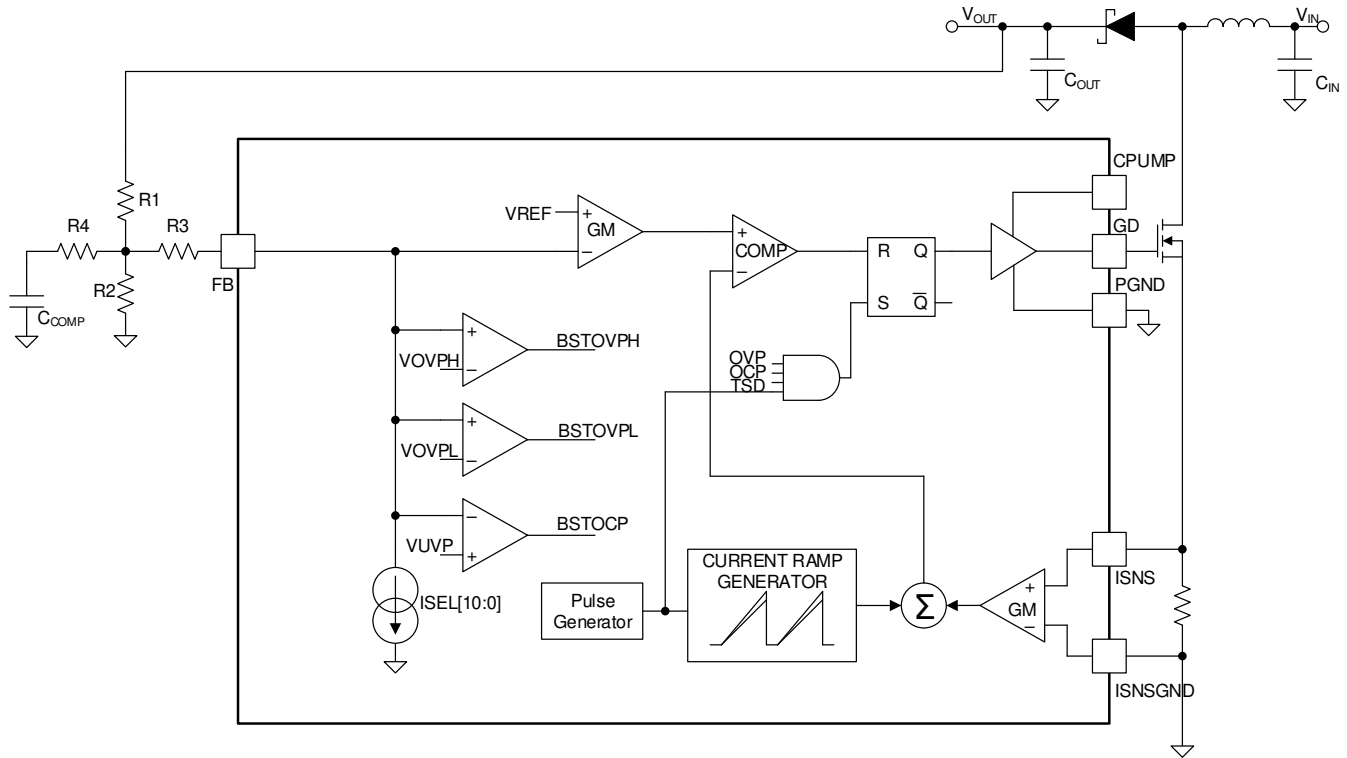


图 6-7. 外部补偿网络

该网络会在环路中额外产生一个极点及一个零点。

$$f_{\text{POLE_COMP}} = \frac{1}{2\pi[(R_1 \parallel R_2) + R_4]C_{\text{COMP}}} \quad (12)$$

$$f_{\text{ZERO_COMP}} = \frac{1}{2\pi R_4 C_{\text{COMP}}} \quad (13)$$

请注意， R_3 不参与补偿。因此，该外部补偿网络既可用于双分压器网络，也可用于 T 分压器网络，无需更改公式。

例如，在实际应用中，当直流-直流环路存在稳定性问题时，将额外的极点置于 1kHz，并在 2kHz 中添加额外的零点会在 2kHz 后将环路增益抑制约 6dB。这非常有利于增益裕度和相位裕度。

6.3.6.4 升压同步和展频

可在 BST_SYNC 引脚为高电平时启用展频功能，在 BST_SYNC 引脚为低电平时禁用展频功能。

如果 BST_SYNC 引脚上有外部 CLK 信号，则升压控制器可通过该信号计时。如果时钟稍后消失，升压将继续以 RBST_FSET 电阻器定义的频率运行，并且展频功能会根据 BST_SYNC 的最终引脚电平进行启用或禁用。

表 6-3. 升压同步模式

BST_SYNC PIN LEVEL	BOOST CLOCK MODE
低电平 (GND)	禁用展频
高电平 (VDDIO)	展频启用
100kHz 至 2222kHz 时钟频率	展频禁用，外部同步模式

如果使用外部 BST_SYNC 输入，则 R_{BST_SET} 电阻器通过外部频率下最接近的升压频率选项选择。

展频功能有助于降低开关频率和谐波频率附近的 EMI 噪声。内部展频功能在 200Hz 至 1.2kHz 调制频率下，将增强频率从中心频率调制为 $\pm 3.3\%$ 至 7.2% 。开关频率变化可通过 SPREAD_RANGE 寄存器进行编程，调制频率可通过 SPREAD_MOD_FREQ 寄存器进行编程。使用外部同步时钟时，无法使用展频功能。

表 6-4. 展频频率范围

SPREAD_RANGE (二进制)	开关频率变化
00	$\pm 3.3\%$
01	$\pm 4.3\%$
10 (默认值)	$\pm 5.3\%$
11	$\pm 7.2\%$

表 6-5. 展频调频

SPREAD_MOD_FREQ (二进制)	调制频率
00 (默认值)	200Hz
01	500Hz
10	800Hz
11	1200Hz

6.3.6.5 升压输出放电

当 EN 引脚被拉至低电平时，该器件会停止升压控制器和 LED 电流阱，关闭电源线路 FET 并开始对升压输出放电。放电引脚通常会灌入 30mA 电流。放电持续时间为 400ms。400ms 后，设备关闭。DISCHARGE 引脚必须与升压输出连接方可正常运行。

有一个内部比较器用来监测 DISCHARGE 引脚的电压。一旦 DISCHARGE 引脚的电压高于 V_{BST_OVPH} （通常为 50V），器件就会进入故障恢复模式，并报告 BST_OVPH 故障。如果由于系统故障而导致升压电压失控，这可提供进一步保护。

放电功能仅在 HTSSOP 封装中可用。它在 QFN 封装中不可用。

6.3.6.6 轻负载模式

直流/直流控制器在以下条件下进入轻负载模式：

- V_{IN} 电压非常接近 V_{OUT}
- 负载电流非常低
- PWM 脉冲宽度很短

当直流/直流转换器进入轻负载模式时，转换器偶尔会停止开关，以确保输出电压不会上升过多。直流/直流转换器的开关频率在此模式下会发生变化，因此这也可以称为 PFM 模式。

6.3.7 LED 电流阱

6.3.7.1 LED 输出电流设置

最大输出 LED 电流由外部电阻值设置。对于仅使用外部电阻器 R_{ISET} 设置每个灯串最大 LED 电流的应用，使用公式 14 来计算所有灯串的电流设置：

$$I_{LED} = \frac{1.21V}{R_{ISET}} \times 2580 \quad (14)$$

LEDx_CURRENT[11:0] 寄存器还可用于从这个最大值向下调整串电流。LEDx_CURRENT[11:0] 寄存器的默认值为最大值 0xFFF(4095)。公式 15 用于计算单个串的电流设置：

$$I_{LED} = \left(\frac{1.21V}{R_{ISET}} \times 2580 \right) \times \left(\frac{LED_CURRENT[11:0]}{4095} \right) \quad (15)$$

为了实现 LED 电流的高精度，建议将 I_{LED} 电流设置在 30mA 到 200mA 的范围内。因此， R_{ISET} 值在 15.6k Ω 至 104k Ω 的范围内。

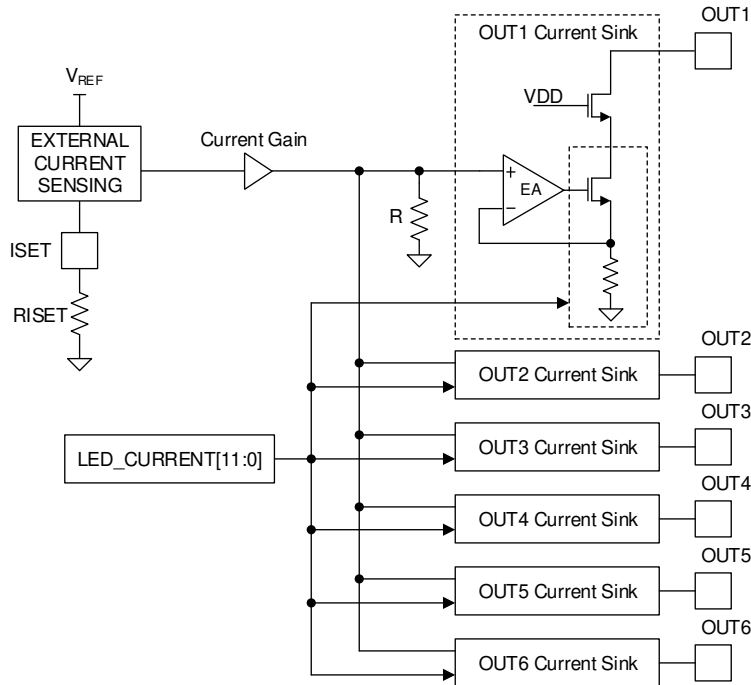


图 6-8. LED 驱动器电流设置电路

6.3.7.2 LED 输出灯串配置

LP8866S-Q1 器件的六个 LED 驱动器通道通过 LED_SET 电阻器进行配置，该电阻器支持使用一到六个 LED 灯串的应用。为确保正常运行，需要精度为 1% 的电阻器。驱动器通道也可一个、两个或三个一组连接在一起。这使 LP8866S-Q1 器件能够驱动三个 300mA LED 灯串、两个 450mA LED 灯串或一个 900mA LED 灯串。LED 灯串始终根据其灯串配置进行适当相移。这减少了升压输出端出现的纹波，从而允许使用更小的输出电容器并减少电容器中的可闻振铃。相移可增加负载频率，这会使潜在电容器噪声高于可闻频带，同时仍保持较低的 PWM 频率以支持更高的调光比。

当 LP8866S-Q1 器件首次上电时，可通过 LED_SET 电阻器配置串行配置，并自动配置每个通道的相位。除非 LP8866S-Q1 在关断状态下断电，否则不得更改 LED 灯串配置。未使用的 LEDx 引脚应接地。

表 6-6. LED 输出灯串配置

R_LED_SET (kΩ)	配置	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4	OUT5	OUT6	自动相移
3.92	6 通道	150mA	150mA	150mA	150mA	150mA	150mA	60°
4.75	5 通道	150mA	150mA	150mA	150mA	150mA	(连接至 GND)	72°
5.76	4 通道	150mA	150mA	150mA	150mA	(连接至 GND)	(连接至 GND)	90°
7.87	3 通道	150mA	150mA	150mA	(连接至 GND)	(连接至 GND)	(连接至 GND)	120°
11	2 通道	150mA	150mA	(连接至 GND)	(连接至 GND)	(连接至 GND)	(连接至 GND)	180°
17.8	3 通道	300mA		300mA		300mA		120°
42.2	2 通道	450mA			450mA			180°
124	1 通道	900mA						无

6.3.7.3 LED 输出 PWM 时钟生成

LED PWM 频率与输入 PWM 频率异步。LED PWM 频率由内部 20MHz 振荡器生成，可设置为 152Hz 至 19.531kHz 范围内的八个离散频率。当使用最低 PWM 频率时，PWM 调光分辨率最高。PWM_FSET 电阻器根据表 6-8 确定 LED PWM 频率。表 7-8 中的 PWM 分辨率会禁用 PWM 抖动。

6.3.8 亮度控制

LP8866S-Q1 支持通过 PWM 引脚上的占空比输入或 I2C 总线的寄存器对所有 LED 灯串进行全局亮度控制。内部 20MHz 时钟用于生成 PWM 输出。

6.3.8.1 亮度控制信号路径

BRT_MODE 寄存器选择显示亮度路径的输入是 PWM 输入引脚还是 DISP_BRT 寄存器。PWM 输入控制是上电后默认设置。亮度控制信号路径图如图 6-9 所示

显示亮度路径具有可以启用的 sloper 函数。默认情况下，sloper 函数处于启用状态。sloper 和抖动函数也可通过 I2C 控制进行编程。sloper 函数在节 6.3.8.7 中进行了介绍、dither 函数在节 6.3.8.9 中进行了介绍。

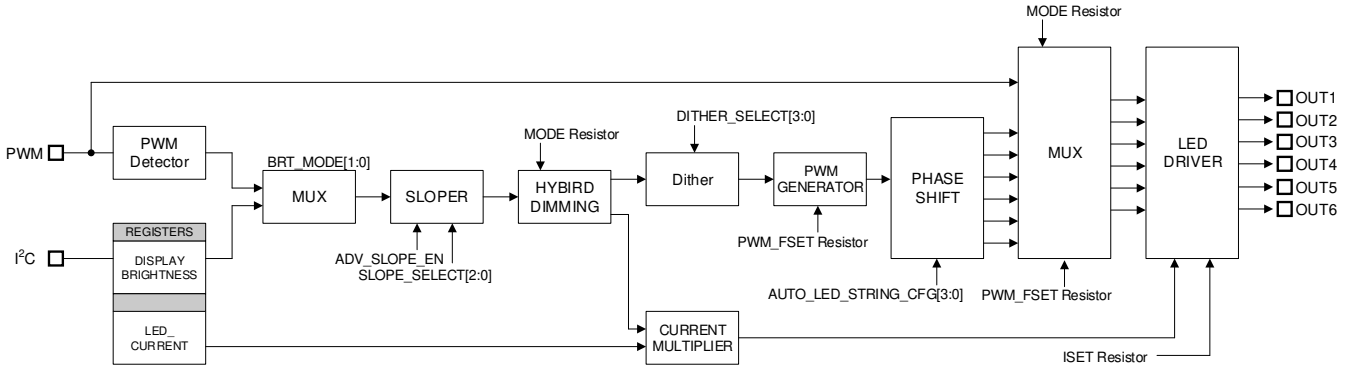


图 6-9. LP8866S-Q1 亮度路径图

6.3.8.2 调光模式

调光模式可以通过连接到 MODE 引脚的外部电阻器进行调节（请参阅表 6-7）。为确保正常运行，需要精度为 1% 的电阻器。

表 6-7. 调光模式配置

R_MODE (k Ω)	MODE	I2C 地址
3.92	相移 PWM 模式	0x2B
4.75	混合模式	0x2B
5.76	电流调光模式	0x2B
7.87	直接 PWM 模式	0x2B
11	相移 PWM 模式	0x2A
17.8	混合模式	0x2A
42.2	电流调光模式	0x2A
124	直接 PWM 模式	0x2A

6.3.8.3 LED 调光频率

对于相移 PWM 模式和混合调光模式，LED 调光频率与输入 PWM 频率异步。LED 调光频率由内部 20MHz 振荡器生成，可设置为 152Hz 至 19.531kHz 范围内的八个离散频率。当使用最低 PWM 频率时，PWM 调光分辨率最高。PWM_FSET 电阻器根据表 6-8 确定 LED 调光频率。为确保正常运行，需要精度为 1% 的电阻器。表 6-8 中的 PWM 分辨率与禁用 PWM 抖动的情况相同。

表 6-8. LED PWM 频率选择

R_PWM_FSET (kΩ)	LED PWM FREQUENCY (Hz)	PWM DIMMING RESOLUTION (位)
3.92	152	16
4.75	305	16
5.76	610	15
7.87	1221	14
11	2441	13
17.8	4883	12
42.2	9766	11
124	19531	10

6.3.8.4 相移 PWM 模式

在相移 PWM 模式下，所有电流活动通道都以 LED 调光频率以恒定延迟打开和关闭。但是，所使用的信道或信道组的数量决定了两个相邻信道之间的相位延迟时间，如图 6-10 所示。

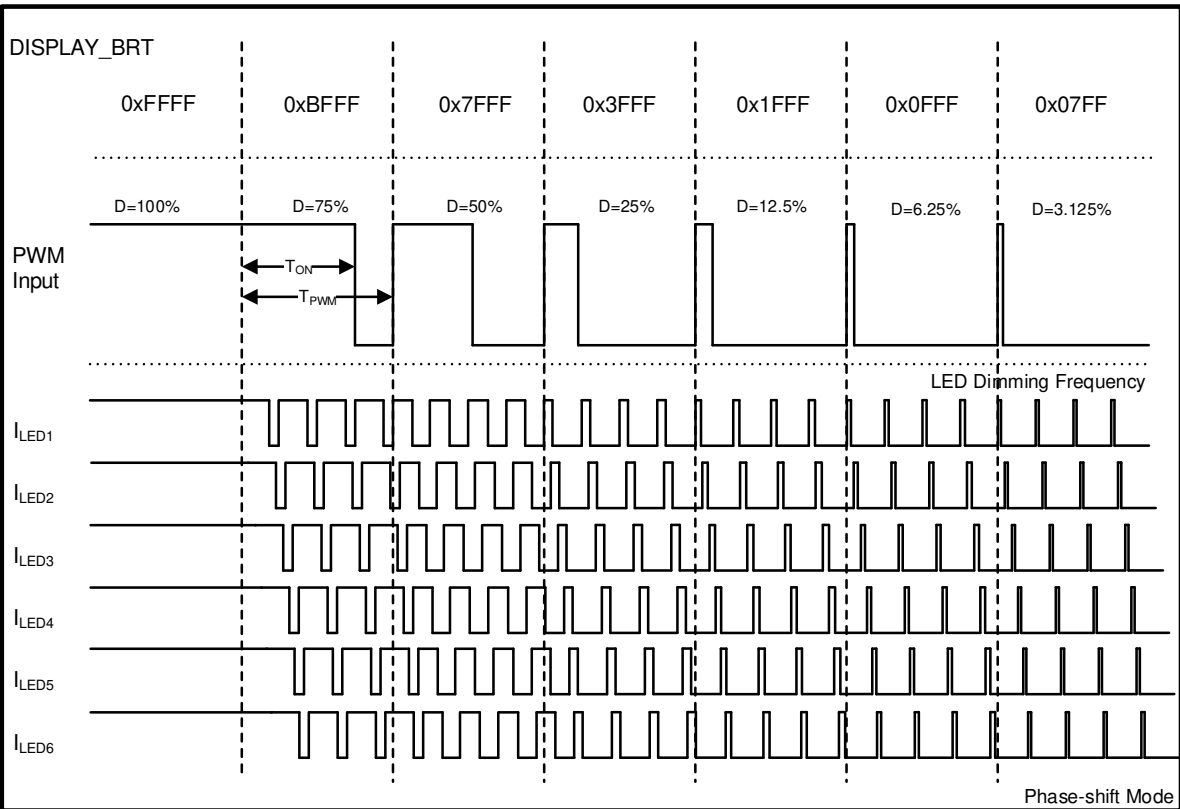


图 6-10. 相移调光图

6.3.8.5 混合模式

除了相移 PWM 调光之外，LP8866S-Q1 还支持混合调光模式。混合调光组合了 PWM 和电流模式，用于控制显示亮度路径的亮度。通过使用混合调光，调光比可再增加 8 倍。在混合模式下，PWM 调光用于低亮度范围的亮度，电流调光用于高亮度级别，如图 6-11 所示。电流调光控制可提高光学效率，因为在较低电流下会提高 LED 效率。低亮度级别的 PWM 调光控制可以确保实现线性的准确控制。可通过 MODE 引脚上的电阻值选择混合模式，如表 6-7 所示。PWM 和电流模式转换阈值可设置为 12.5% 或 0% 亮度。后一种选择可实现纯电流调光控制模式。

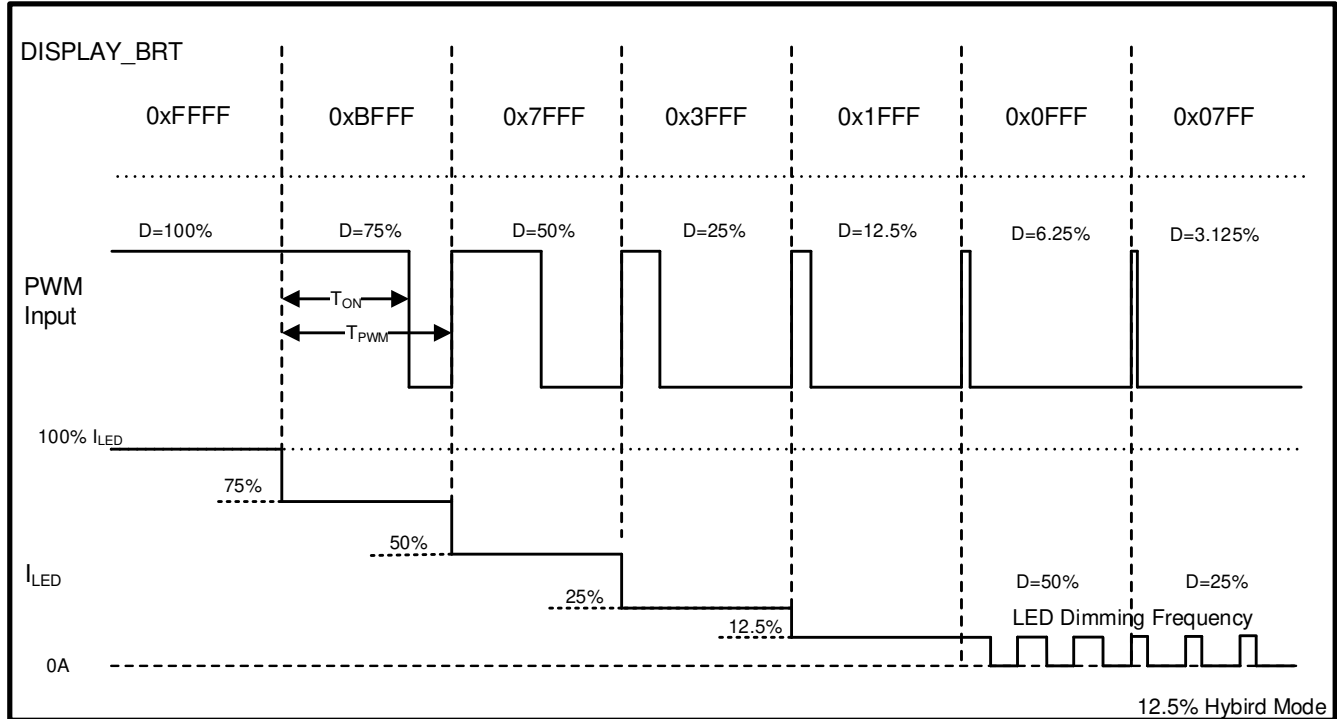


图 6-11. 混合调光图

6.3.8.6 直接 PWM 模式

在直接 PWM 模式下，所有活动通道都打开和关闭，并与输入 PWM 信号同步。

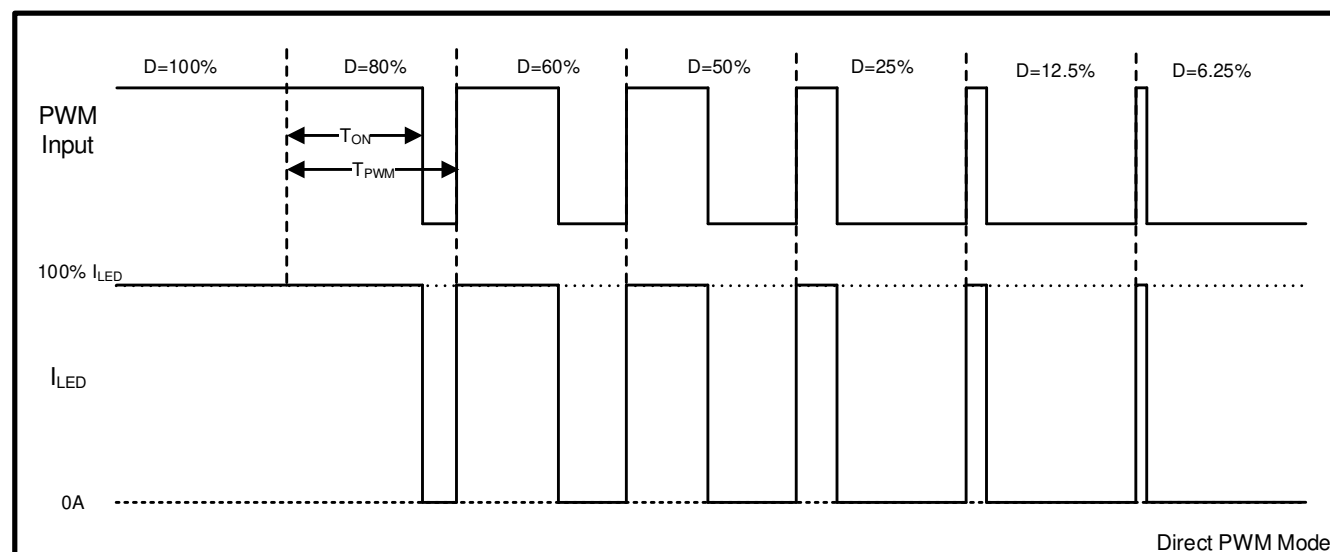


图 6-12. 直接 PWM 调光图

6.3.8.7 Sloper

通过可选的 **sloper** 函数，从一个亮度值到另一个亮度值更为平滑。默认情况下，高级 **sloper** 启用的线性 **sloper** 持续时间为 200ms。两个亮度值之间的转换时间通过 **SLOPE_SELECT[2:0]** 位进行编程（当为 000 时，**Sloper** 处于禁用状态）。启用高级倾斜器后，亮度变化会进一步平滑，使人眼更加愉悦。使用 **ADV_SLOPE_ENABLE** 寄存器位来启用高级斜率。

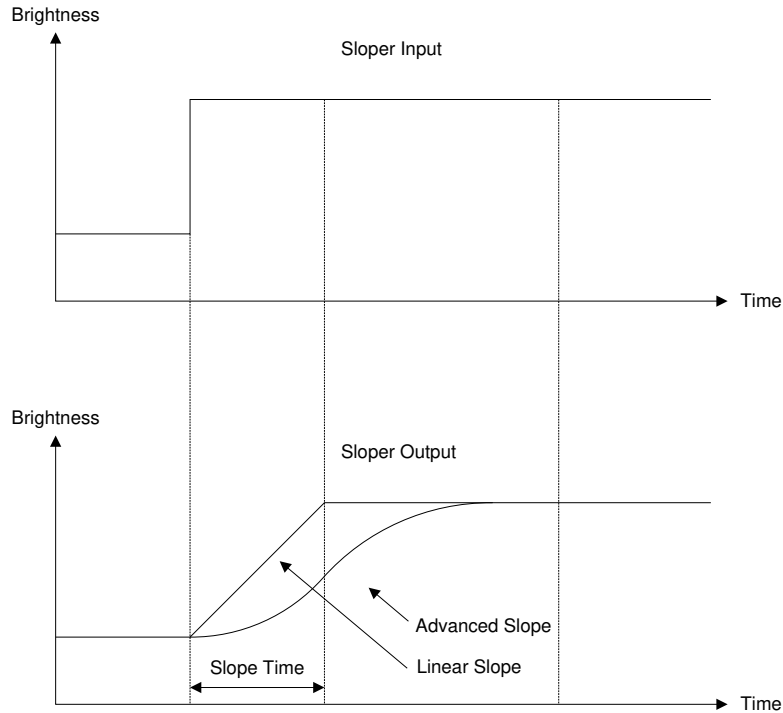


图 6-13. 亮度 sloper

6.3.8.8 PWM 检测器迟滞

PWM 检测器具有内部迟滞功能。这意味着当使用 PWM 输入（直接 PWM 模式除外）时，仅当 PWM 输入占空比变化大于 0.19% 时，PWM 输出占空比才会发生变化。这是为了避免由于板载 PWM 信号的上升/下降时间而产生 PWM 占空比采样误差。

6.3.8.9 抖动

使用 LED 输出 PWM 调光时的亮度阶跃数等于 20MHz 振荡器频率除以 LED PWM 频率 (通过 PWM_FSET 电阻器设置)。PWM 占空比抖动是一种功能, LP8866S-Q1 通过该功能在超过此振荡器时钟限制的情况下增加亮度调光步数。抖动功能可随着时间的推移调制 LED 驱动器输出占空比, 以创建更高的平均亮度水平。DITHER_SELECT[3:0] 寄存器位使用 I2C 接口控制抖动水平, 禁用, 1、2、3 或 4 位。默认情况下, 禁用抖动。

选择 1 位抖动时, 为了支持更高的亮度分辨率, 每秒 PWM 脉冲的宽度可以增加一个 LSB (一个 20MHz 时钟周期)。选择 3 位抖动后, 在 8 个 PWM 周期的序列内, 长度增加的脉冲数会根据抖动值而变化: 抖动值 000 - 所有 8 个脉冲均为默认长度; 001 - 8 个脉冲中的 1 个长度增加; 010 - 8 个脉冲中的 2 个长度增加, 依此类推, 直到 111 - 8 个脉冲中的 7 个脉冲长度增加。图 6-14 展示了一个 PWM 输出抖动示例。

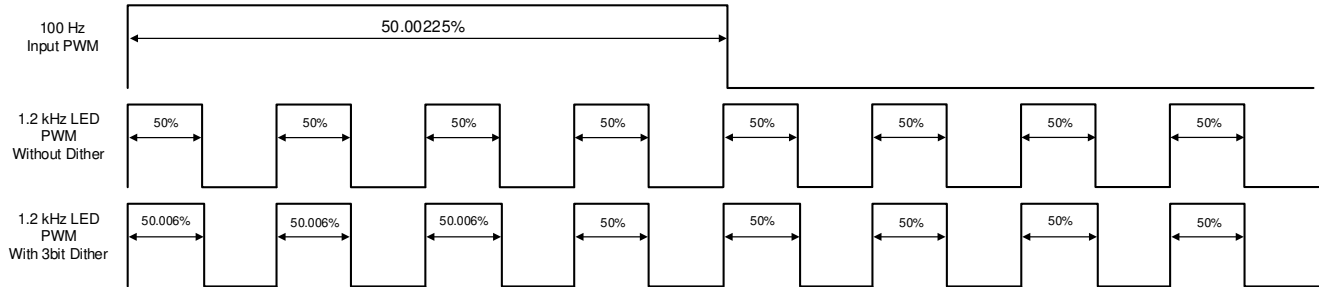


图 6-14. PWM 抖动示例

当调光比受 LED PWM 输出频率限制且 LED 输出脉冲小于最小脉冲宽度 (200ns) 时, 抖动块也适用于低亮度场景。在这种情况下, 抖动块将跳过一些 PWM 脉冲以进一步降低亮度, 从而实现高调光比。最终结果是, 随着越来越多的最小脉冲被跳过或抖动, LED PWM 频率会降低。同时, 抖动块还将保证最小 LED PWM 频率不小于 152Hz, 以确保没有亮度闪烁。图 6-15 显示了抖动在低亮度场景下的工作原理。

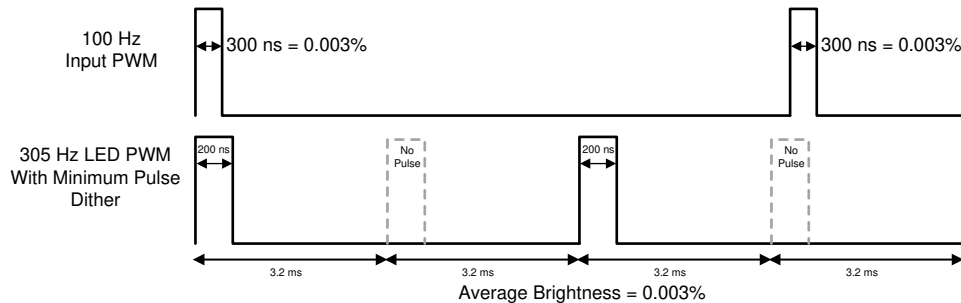


图 6-15. 最低亮度抖动示例

6.3.9 保护和故障检测

LP8866S-Q1 器件包括 LED 开路、短路和 GND 短接条件，升压输入欠压，过压和过流，升压输出过压和过流，VDD 欠压，裸片过热和外部元件的故障检测。主机可以监测寄存器 SUPPLY_FAULT_STATUS、BOOST_FAULT_STATUS 及 LED_STATUS 中的故障状态。

6.3.9.1 电源故障

6.3.9.1.1 V_{IN} 欠压故障 (VINUVLO)

LP8866S-Q1 器件支持 V_{IN} 欠压和过压保护。欠压阈值可通过 UVLO 引脚上的外部电阻分压器进行编程。如果在 LP8866S-Q1 器件运行期间，UVLO 引脚电压降至 UVLO 下降水平（典型值为 0.787V）以下，升压、LED 输出和电源线 FET 关闭，器件进入 STANDBY 模式。SUPPLY_FAULT_STATUS 寄存器中也会设置 VINUVLO_STATUS 位并触发 INT 引脚。当 UVLO 电压上升到上升阈值水平以上时，LP8866S-Q1 退出 STANDBY 模式并开始启动序列。

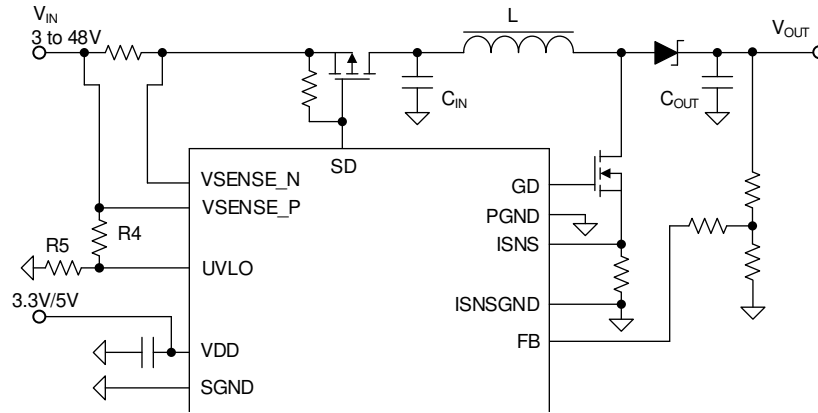


图 6-16. V_{IN} UVLO 设置电路

以下公式用来计算 V_{IN} 上升沿的 UVLO 阈值：

$$VIN_{UVLO_RISING} = \left(\frac{R_4}{R_5} + 1 \right) \times VIN_{UVLO_TH} \quad (16)$$

其中

- $VIN_{UVLO_TH} = 0.787V$

可以使用以下公式来设计和计算 UVLO 阈值的迟滞。

$$VIN_{HYST} = R_4 \times I_{UVLO} \quad (17)$$

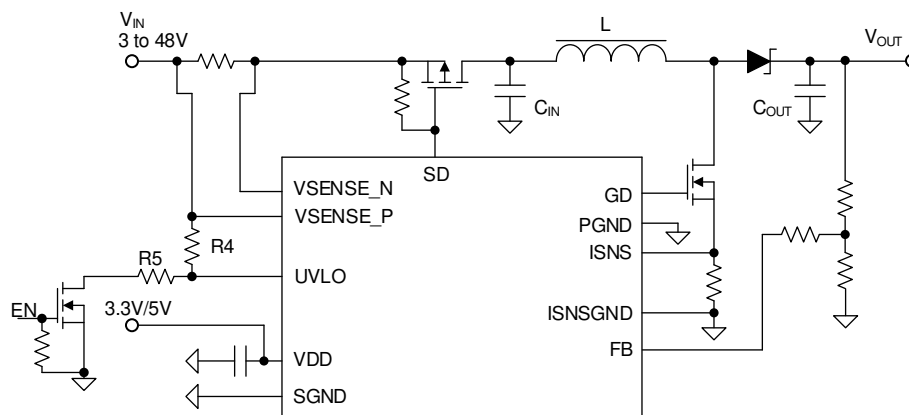
其中

- $I_{UVLO} = 5\mu A$

因此，可以使用以下公式来计算 V_{IN} 下降沿的 UVLO 阈值：

$$VIN_{UVLO_FALLING} = VIN_{UVLO_RISING} - VIN_{HYST} \quad (18)$$

分压器的底部电阻器 R_5 能够通过附加的外部 N 型 FET 断开与 GND 的连接，如图 6-17 所示。此设计旨在更大幅度地减少关断模式下的 V_{IN} 漏电流，从而延长电池寿命。

图 6-17. 无电流漏电路径的 V_{IN} UVLO 设置电路

6.3.9.1.2 V_{IN} 过压故障 (VINOVP)

V_{IN} 上升沿的过压阈值在内部固定为典型值 43V。如果在 LP8866S-Q1 运行期间，V_{SENSE_P} 引脚电压上升到 OVP 上升阈值以上，升压、LED 输出和电源线 FET 关闭，器件进入 **STANDBY** 模式。SUPPLY_FAULT_STATUS 寄存器中也会设置 VINOVP_STATUS 位并触发 INT 引脚。当 V_{SENSE_P} 引脚电压下降到低于下降阈值电平时，LP8866S-Q1 退出 **STANDBY** 模式并开始启动序列。

6.3.9.1.3 V_{DD} 欠压故障 (VDDUVLO)

在 LP8866S-Q1 器件运行期间，VDD 降至 VDDUVLO 下降电平以下，升压、电源线 FET 和 LED 输出关闭，器件进入 STANDBY 模式。会在 SUPPLY_FAULT_STATUS 寄存器中设置 VDDUVLO_STATUS 故障位并触发 INT 引脚。当 V_{DD} 上升到 VDDUVLO 上升阈值以上时，LP8866S-Q1 会自动重新启动到 ACTIVE 模式。

6.3.9.1.4 V_{IN} OCP 故障 (VINOCP)

如果 LP8866S-Q1 器件在 RISENSE 电阻器上工作电压降上升至 220mV 以上期间，升压、电源线 FET 和 LED 输出被关闭，器件进入故障恢复模式，然后在发生故障后尝试重新启动 100ms。会在 SUPPLY_FAULT_STATUS 寄存器中设置 VINOCP STATUS 故障位并触发 INT 引脚。

$$I_{VIN_OCP} = \frac{VIN_{OCP_TH}}{R_{ISENSE}} \quad (19)$$

其中

- $V_{IN_OCP_TH} = 220mV$

6.3.9.1.4.1 VIN OCP 电流限制与升压逐周期电流限制间的关系

VIN OCP 电流限制和升压逐周期电流限制完全不同。

升压逐周期电流限制旨在在正常情况下保护直流/直流元件（电感器、肖特基二极管和开关 MOSFET），从而避免电流超过其最大限值。正常情况是指负载发生急剧变化或者输入电压发生急剧变化时。这不会触发任何器件故障。

VIN OCP 电流限制旨在保护系统免受重大系统危险（在示例中，电感器短路，开关 MOSFET 短路）的影响。这会触发器件关断所有 LED 通道并进入故障恢复状态。

VIN OCP 电流限制始终大于升压逐周期电流限制。这意味着 R_{SENSE} 始终不小于 R_{SENSE} 。

6.3.9.1.5 电荷泵故障 (CPCAP、CP)

在 LP8866S-Q1 器件 CPUMP 引脚工作电压 低于 4.2V 典型值器件，升压、电源线 FET 和 LED 输出被关闭，器件进入故障恢复模式，然后在故障发生后尝试重新启动 100ms。会在 SUPPLY_FAULT_STATUS 寄存器中设置 CP_STATUS 故障位并触发 INT 引脚。

如果在 LP8866S-Q1 器件初始化期间，则电荷泵飞跨电容器断开或短接，而电荷泵将关闭。因此，升压、电源线 FET 和 LED 输出均关断，器件进入故障恢复模式，然后在故障发生 100ms 后尝试重新启动。在 SUPPLY_FAULT_STATUS 寄存器中设置 CPCAP_STATUS 和 CP_STATUS 故障位，并触发 INT 引脚。

6.3.9.1.6 CRC 错误故障 (CRCERR)

如果在 LP8866S-Q1 器件初始化期间，寄存器、选项和修整位的出厂默认配置未从存储器加载，LP8866S-Q1 保持正常运行状态，除非正常触发其他故障条件。会在 SUPPLY_FAULT_STATUS 寄存器中设置 CRCERR_STATUS 故障位并触发 INT 引脚。

6.3.9.2 升压故障

6.3.9.2.1 升压过压故障 (BSTOVPL、BSTOVPH)

如果 FB 引脚电压超过 V_{FB_OVPL} 阈值，则会检测到升压过压。当检测到升压过压时，BOOST_FAULT_STATUS 寄存器中的 BSTOVPL_STATUS 位将被置位。升压 FET 停止开关，输出电压将自动受到限制。如果 BSTOVPL_STATUS 位持续置位（即清零后重新出现），这可能表明应用程序中存在循环问题。在器件升压软启动及正常模式期间会监测升压过压低电平。

如果 FB 引脚电压超过 V_{FB_OVPH} 阈值或 DISCHARGE 引脚电压超过 V_{BST_OVPH} ，则会检测到第二个升压过压高电平故障。LP8866S-Q1 器件进入故障恢复状态，以保护系统免受高压电压的影响。当检测到升压过压时，BOOST_FAULT_STATUS 寄存器中的 BSTOVPH_STATUS 位被置位。还会产生故障中断。器件进入故障恢复模式，然后在 100ms 后尝试重新启动。在升压软启动及正常模式期间会监测升压过压高电平。

6.3.9.2.2 升压过流故障 (BSTOCP)

如果 FB 引脚电压降至 V_{UVF} 阈值以下的时间达到 110ms，则会检测到升压过流。如果升压过流计时器在输出电压恢复之前到期，则会设置 BOOST_FAULT_STATUS 寄存器中的 BSTOCP_STATUS 位。进入故障恢复状态，并生成故障中断。器件进入故障恢复模式，然后在 100ms 后尝试重新启动。如果 BSTOCP_STATUS 位被永久设置，该位可能指示应用程序中存在问题。从升压启动就会监测升压过流，并且在升压启动期间会触发故障。

6.3.9.2.3 LEDSET 电阻器缺失故障 (LEDSET)

如果在初始化期间请求的电阻器未组装或值无效，则检测到 LEDSET 电阻器缺失或无效。如果 LEDSET 电阻器缺失或无效，LP8866S-Q1 器件默认设置为 6-channel/150mA 配置。BOOST_FAULT_STATUS 寄存器中设置了 LEDSET_STATUS 故障位。初始化后，不会监控 LEDSET 电阻器缺失或无效故障，因此即使在初始化后 LEDSET 电阻器缺失或无效，LP8866S-Q1 也会在初始化期间确定的配置下运行。

6.3.9.2.4 MODE 电阻器缺失故障 (MODESEL)

如果在初始化期间请求的电阻器未组装或值无效，则检测到 MODE 电阻器缺失或无效。如果 MODE 电阻器缺失或无效，LP8866S-Q1 默认为相移 PWM 模式，I2C 地址为 0x2A。BOOST_FAULT_STATUS 寄存器中的 MODESEL_STATUS 故障位将被设置。初始化后不会监控 MODE 电阻器缺失或无效故障，因此即使在初始化后 MODE 电阻器缺失或无效，LP8866S-Q1 也会以初始化期间确定的模式运行。

6.3.9.2.5 FSET 电阻器缺失故障 (FSET)

如果在初始化期间请求的其中任何一个未组装或无效值，则检测到 BOOST_FSET 和 PWM_FSET 的 FSET 电阻器缺失或无效。如果 BOOST_FSET 电阻器缺失或无效，LP8866S-Q1 将升压的开关频率默认设置为 400kHz；如果 PWM_FSET 电阻器缺失或无效，则将 PWM 调光频率默认设置为 305Hz。BOOST_FAULT_STATUS 寄存器中设置了 FSET_STATUS 故障位。初始化后不会监控 FSET 电阻器缺失或无效故障，因此即使 FSET 电阻器在初始化后缺失或无效，LP8866S-Q1 器件也会以升压开关频率和初始化期间确定的 PWM 调光频率运行。

6.3.9.2.6 ISET 电阻器超出范围故障 (ISET)

如果在正常运行期间 ISET 引脚电阻器短接至 GND，则可以通过 [公式 20](#) 计算每个 LED 通道的最大电流：

$$I_{LED_ISET_FAULT} = I_{LED_LIMIT} \times \left(\frac{LED_CURRENT[11:0]}{4095} \right) \quad (20)$$

其中

- $I_{LED_LIMIT} = 280\text{mA}$

LED_CURRENT[11:0] 寄存器将自动修改为最新编程数据的 1/4。如果在器件启用后未对其进行编程，则 LED_CURRENT[11:0] 寄存器的默认值为 0xFFFF，并在故障发生后自动修改为 0x3FF。如果 ISET 引脚电压恢复至 1.1V 以上，LED_CURRENT[11:0] 寄存器数据会自动返回到最新的编程数据。会在 BOOST_FAULT_STATUS 寄存器中设置 ISET_STATUS 故障位并触发 INT 引脚。

6.3.9.2.7 热关断故障 (TSD)

如果 LP8866S-Q1 器件的裸片温度达到热关断阈值 T_{SD} ，LP8866S-Q1 上的升压、电源线 FET 和 LED 输出关闭以保护器件免受损坏。将设置故障状态位 TSD_STATUS 位，并触发 INT 引脚。当温度下降达 TSD_HYS 量时，该器件会重新启动电源线 FET、升压和 LED 输出。

6.3.9.3 LED 故障

6.3.9.3.1 LED 开路故障 (OPEN_LED)

在正常升压操作期间，如果任何使用的 LED 输出降至 LED_DRV_HEADROOM 阈值电平以下，则升压电压会升高。如果升压输出电压达到最大值且至少一个 LED 输出仍低于阈值，则会检测到开路 LED 故障。然后，开路串与升压自适应控制环路断开连接，其输出被禁用。任何 LED 故障都会设置状态位 LED_STATUS，除非禁用 LED 中断，否则会生成中断。开路 LED 故障的详细信息可通过 OPEN_LED 和 LEDx_FAULT 位 ($x = 1...6$) 读取。这些位保持其值，直到器件断电。但是，中断清除过程可以清除 LED_STATUS 位。如果检测到新的 LED 故障，将设置 LED_STATUS 并再次生成中断。

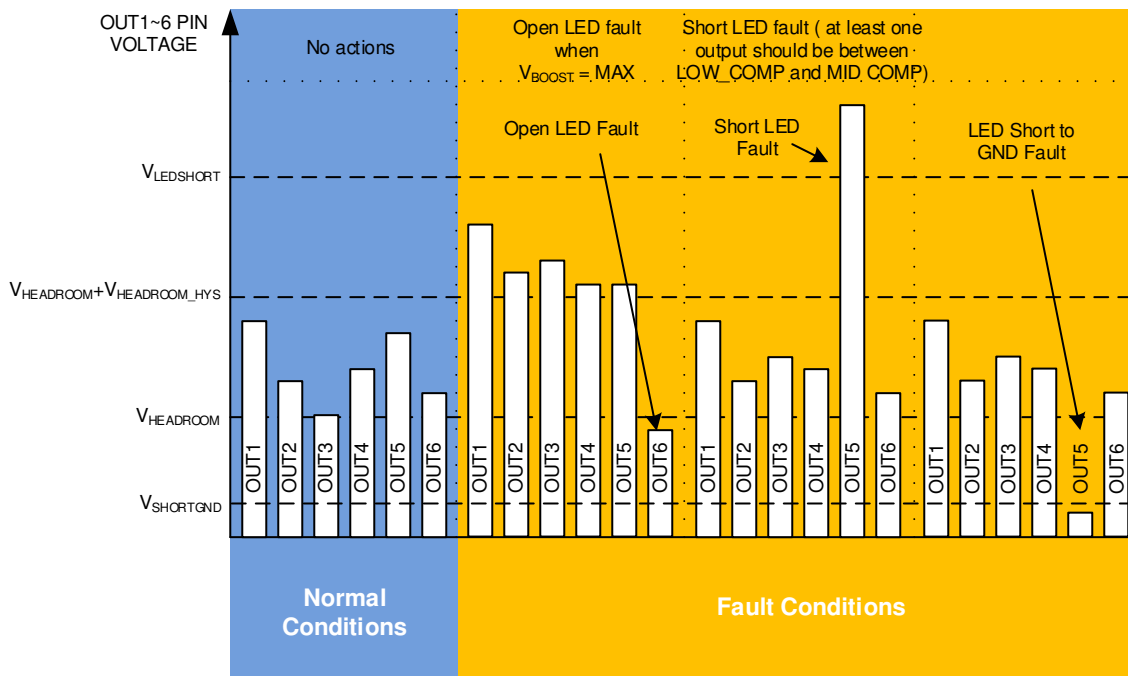


图 6-18. LED 开路和短路检测逻辑

6.3.9.3.2 LED 短路故障 (SHORT_LED)

如果一个或多个 LED 输出高于 V_{LED_SHORT} 典型值 5.4V 且至少一个 LED 输出处于正常工作窗口内，则检测到 LED 短路故障（请参阅图 6-18）。短接的灯串与升压自适应控制环路断开连接，并且 LED PWM 输出被禁用。LED_STATUS 位会被设置，并且生成中断（与 LED 开路情况类似）。可以从 SHORT_LED 和 LEDx_FAULT 位中读取详细的短路 LED 故障（ $x = 1...6$ ），指示 LED_FAULT_STATUS 寄存器中的故障 LED。

在 HUD 应用中，当输出通道作为组连接并且只有一个或两个组处于活动状态时，还有一个特殊条件将触发 LED 短路故障。这是当升压自适应电压达到最小值并且其中一个 LED 通道电压仍然高于 $V_{HEADROOM} + V_{HEADROOM_HYS}$ 时的情况。

6.3.9.3.3 LED 短接 GND 故障 (GND_LED)

在升压软启动和正常升压运行期间，如果 LED 输出低于 V_{SHORT_GND} 20ms，则器件会关断相应的 LED 输出通道，并再次在 300μs 周期内输出典型 6mA 电流。执行此操作后，如果输出电压仍低于 $V_{HEADROOM}$ ，则会报告 LED 短接 GND 故障。

如果报告了 LED 短接 GND 故障、升压、LED 输出和电源线 FET 关断，则器件进入故障恢复模式。LED_STATUS 会被设置，并且生成中断（与 LED 开路情况类似）。可以在 LED_FAULT_STATUS 寄存器中从 LED_GND 和 LEDx_FAULT 位读取 LED 短接 GND 故障原因（ $x = 1...6$ ）。这些位保持其值，直到器件断电，同时中断清除过程将 LED_STATUS 位清零。

6.3.9.3.4 无效 LED 灯串故障 (INVSTRING)

在器件初始化期间，会检查任何未使用的 LED 输出引脚是否连接到 GND。如果未使用的 LED 输出引脚未按预期连接到 GND，则 LP8866S-Q1 将报告无效的字符串故障，并尝试在可能的情况下正常运行。会在 LED_FAULT_STATUS 寄存器中设置 INVSTRING_STATUS 故障位并触发 INT 引脚。初始化后未检测到 LEDSET 电阻器缺失或无效故障，因此即使在初始化后 LEDSET 电阻器缺失或无效，LP8866S-Q1 也能以初始化期间确定的配置运行。

6.3.9.3.5 I2C 超时故障

如果芯片接收到没有 STOP 信号的 I2C 命令并持续 500ms，I2C 通信块会自动复位并等待下一条命令。会在 LED_FAULT_STATUS 寄存器中设置 I2C_ERROR_STATUS 故障位并触发 INT 引脚。

6.3.9.4 故障和保护方案概述

表 6-9. 故障和保护方案

故障名称	状态位	条件	触发故障中断	进入故障恢复模式	操作
V _{IN} 欠压	VINUVO_STATUS	UVLO 电压降至 0.787V 以下。	是	是	当输入电压升至阈值以上时，器件进入待机状态，然后尝试重新启动。
V _{IN} 过压	VINOVP_STATUS	V _{IN} 电压升至 43V 以上。	是	是	器件进入待机状态并等待输入电压降至阈值以下，然后重新启动。
V _{DD} 欠压	VDDUVLO_STATUS	V _{DD} 电平降至 VDDUVLO 阈值以下。	是	否	一旦 VDD 电平升至 VDDUVLO 阈值以上，器件就会重新启动。
V _{IN} 过流	VINOCP_STATUS	R _{ISENSE} 上的电压超过 220mV。	是	是	器件进入故障恢复状态，然后在故障发生 100ms 后尝试重新启动。
电荷泵故障	CP_STATUS	电荷泵电压水平异常。	是	是	器件进入故障恢复状态，然后在故障发生 100ms 后尝试重新启动。
电荷泵元件缺失	CPCAP_STATUS	电荷泵缺少元件。	是	否	电荷泵会被禁用。将报告电荷泵故障。器件尝试保持正常运行。
升压同步时钟无效故障	BSTSYNC_STATUS	在有效的外部 SYNC 时钟运行时启用器件。然后，SYNC 停止或更改为频率 < 75kHz。	是	否	默认为由 BST_FSET 电阻器选择的内部时钟频率。如果 BST_SYNC 输入保持高电平，则启用展频。如果 BST_SYNC 输入保持低电平，则禁用展频。
CRC 误差	CRCERR_STATUS	寄存器、选项和修整位的出厂默认配置未正确地存储到存储器中。	是	否	如果可能，器件将正常工作。
升压 OVP 低电平	BSTOVFLOW_STATUS	FB 引脚电压上升至高于 V _{FB_OVPL} 电平。	否	否	升压会停止开关，直到升压电压水平下降。该器件保持在正常模式，LED 驱动器工作。
升压 OVP 高电平	BSTOVPH_STATUS	FB 引脚电压上升至高于 V _{FB_OVPH} 电平或 DISCHARGE 引脚电压上升至高于 V _{BST_OVPH} 。	是	是	器件进入故障恢复状态并等待输出电压降至阈值以下，然后重新启动。
升压过流	BSTOCP_STATUS	FB 引脚电压降至 V _{UVP} 电平以下达 110ms。	是	是	器件进入故障恢复状态，然后在故障发生 100ms 后尝试启动。
LEDSET 检测故障	LEDSET_STATUS	LEDSET 电阻器缺失或无效。	否	否	默认为 6 通道/150mA 配置。
MODE 检测故障	MODESEL_STATUS	MODE 电阻器缺失或无效。	否	否	默认为相移 PWM 模式，I2C 地址为 0x2A。
FSET 检测故障	FSET_STATUS	BST_FSET 或 PWM_FSET 电阻器缺失或为无效值。	否	否	器件继续在 400kHz 开关频率（对于升压转换器）及 305Hz（对于 PWM 调光频率）下运行。
ISET 电阻器故障	ISET_STATUS	由于 ISET 引脚电阻器短接至 GND，ISET 引脚电压被拉低至 1V 以下	是	否	LED_CURRENT[11:0] 写入 0x3FF。LED 总电流限制为 70mA。
热关断	TSD_STATUS	结温上升至 T _{SD} 阈值以上。	是	是	器件进入待机状态，然后在内核温度降至阈值以下后尝试重新启动。

表 6-9. 故障和保护方案 (续)

故障名称	状态位	条件	触发故障中断	进入故障恢复模式	操作
开路 LED 灯串	LED_STATUS_OPEN_LED	一个或多个通道上的余量电压低于最低电平，并且升压已适应最大电平。	是	否	故障 LED 灯串被禁用并且从自适应升压控制环路中删除。下一次下电上电时将重新启用串。
LED 内部短路	LED_STATUS_SHORT_LED	一个或多个通道上的余量电压高于 SHORTED_LED_THRESHOLD 且持续时间大于 5ms，而至少一个通道的余量仍低于此阈值。	是	否	故障 LED 灯串被禁用并且从自适应升压控制环路中删除。下一次下电上电时将重新启用串。
LED 短路至 GND	LED_STATUS_GND_LED	在 PL FET SOFT START 期间，当注入小测试电流时，一个或多个使用的 LED 输出的电压低于 V_{HEADROOM} 。 在 BOOST_SU 和正常级中，使用的一个或多个 LED 输出的电压低于 V_{SHORTGND} ，并且当相应通道关断且注入小测试电流时仍保持不变。	是	是	器件进入故障恢复状态，然后在故障发生 100ms 后尝试重新启动。
检测到无效 LED 灯串	INVSTRING_STATUS	检测到配置的未使用 LED 输出不短接 GND。	是	否	如果可能，器件将正常工作。
I2C 超时	I2C_ERROR_STATUS	器件接收无 STOP 信号的 I2C 命令达 500ms。	是	否	器件正常工作并等待下一条 I2C 命令。

6.4 器件功能模式

6.4.1 状态图

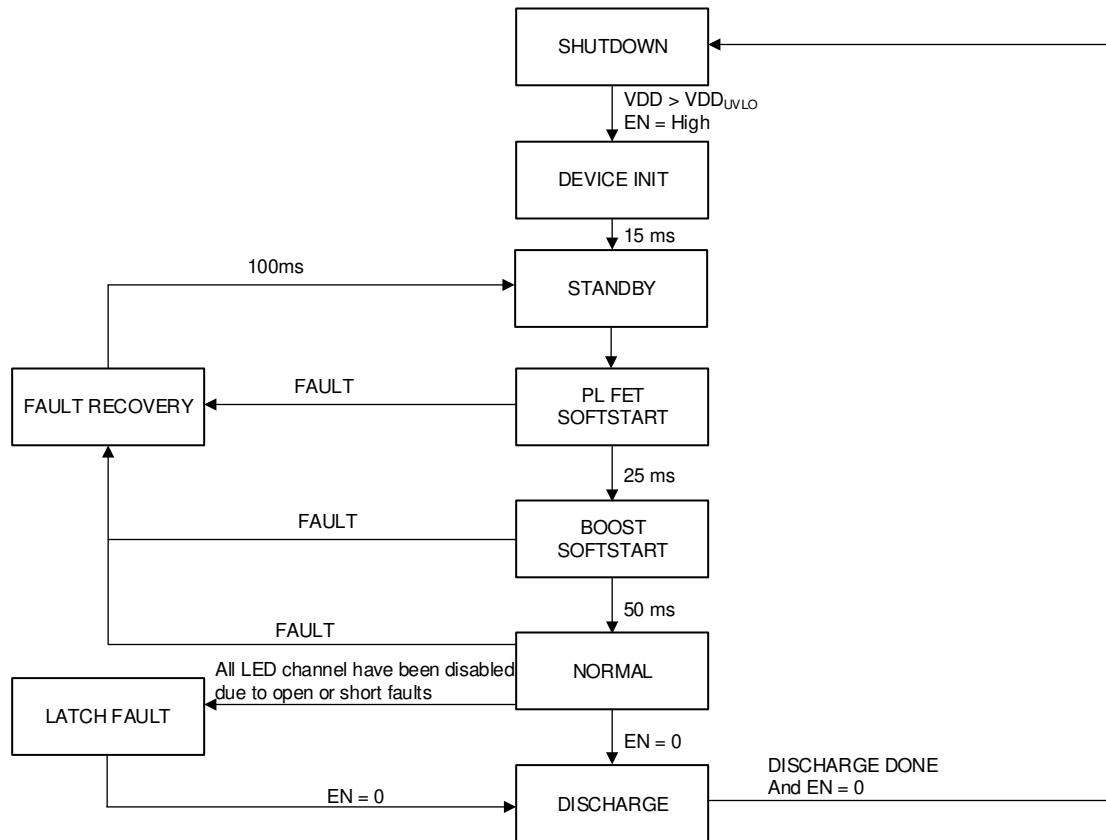


图 6-19. 状态机图

6.4.2 关断

当 EN 被拉至低电平时，升压、电源线 FET 和 LED 输出被关断，器件会尝试对升压输出放电 400ms。此后，器件完全关断。

6.4.3 器件初始化

POR 释放后，器件初始化开始。在此状态期间，LDO 启动，加载 EEPROM 默认值和修整配置，检测到 LEDSET、MODE、BOOST_FSET 和 PWM_FSET 电阻器。

6.4.4 待机模式

从待机模式开始，可以使用 I2C 访问器件以更改任何配置寄存器。

如果没有故障，待机模式会立即切换到电源线 FET 软启动模式。

6.4.5 电源线 FET 软启动

在此 25ms 长状态期间，电源线 FET 会逐渐启用。升压输入及输出电容器充电至 V_{IN} 电平。OCP、OVP 和 UVP 的 V_{IN} 故障及 LED 短接 GND 的故障均已启用。

6.4.6 升压启动

升压电压斜升至初始升压电压水平，同时降低电流限制达 50ms。现在已启用全部升压故障。

6.4.7 正常模式

当亮度大于零时，LED 驱动器启用。所有 LED 故障均处于活动状态。

6.4.8 故障恢复

一些严重故障会触发故障恢复状态。LED 驱动器、升压转换器和电源线 FET 被禁用 100ms，如果 EN 仍为高电平且亮度大于零，器件会尝试从待机模式重新启动。

6.4.9 锁存故障

如果由于故障而禁用了所有 LED 灯串，则 LP8866S-Q1 将进入锁存故障模式。只有将 EN 引脚拉低，才能退出此状态。

6.4.10 启动序列

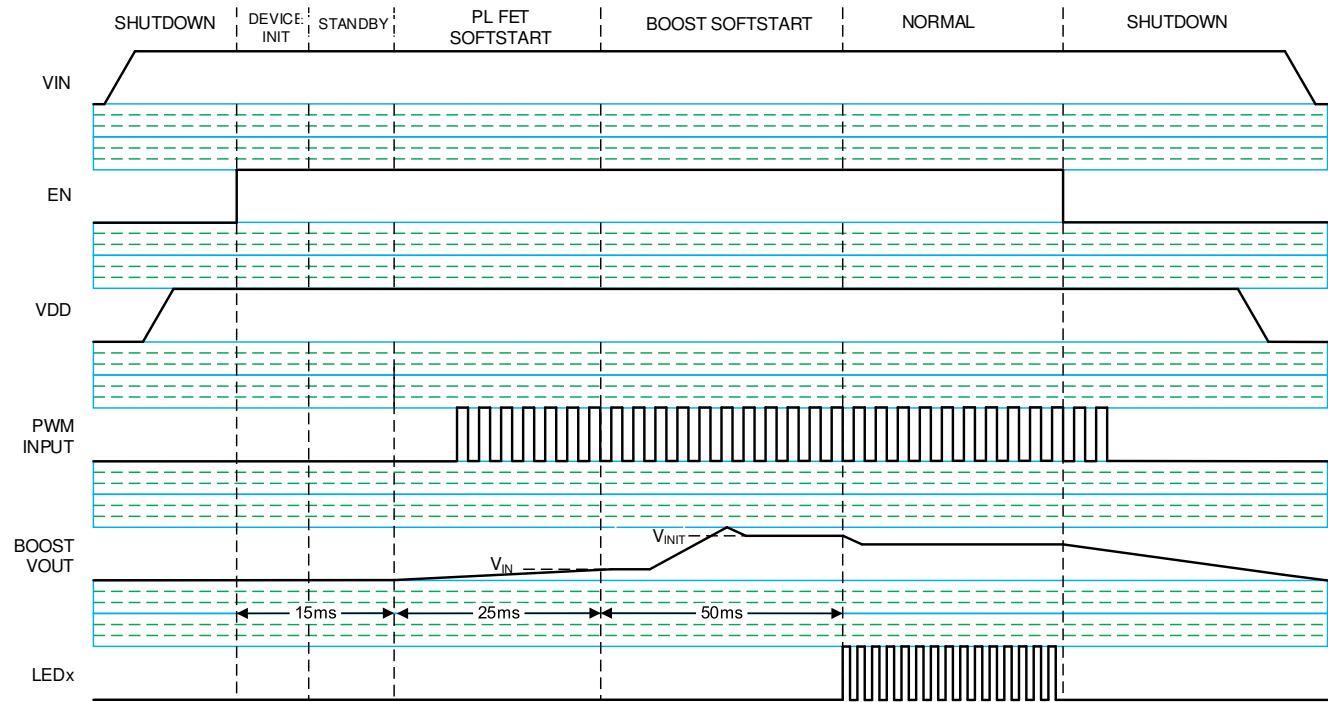


图 6-20. 启动排序图

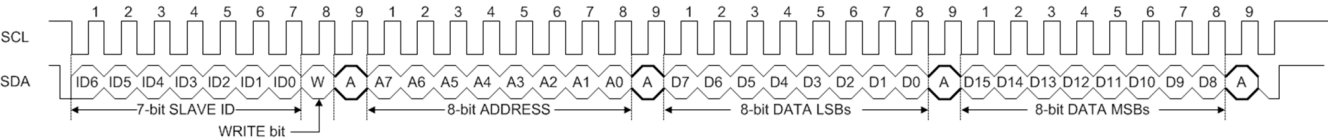
6.5 编程

6.5.1 与 I2C 兼容的接口

LP8866S-Q1 器件支持 I2C 接口以访问和更改配置。7 位基本外设地址为 0x2A or 0x2B。可以通过 MODE 引脚的电阻器设置来配置该地址。

写入 I2C 事务由 4 个字节组成。第一个字节包含 7 位外设地址及写入位。7 位外设地址选择 LP8866S-Q1 外设器件。第二个字节是八位寄存器地址。最后两个字节是 16 位寄存器值。

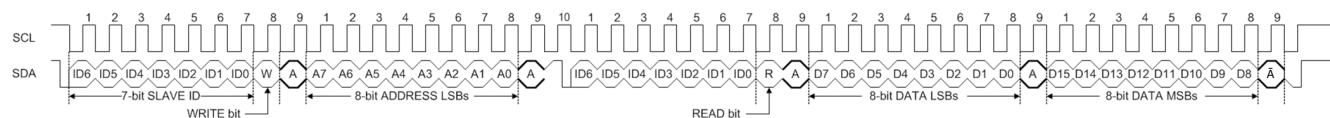
读取 I2C 事务由 5 个字节构成。第一个字节包含 7 位外设地址及写入位。7 位外设地址选择 LP8866S-Q1 外设器件。第二个字节是八位寄存器地址。第三个字节包含 7 位外设地址和读取位。最后两个字节是从外设返回的 16 位寄存器值。



其中

- W 位 = 0

图 6-21. I2C 写入



其中

- R 位 = 1
- W 位 = 0

图 6-22. I2C 读取

6.5.2 编程示例

6.5.2.1 通用配置寄存器

LP8866S-Q1 不需要任何串行接口配置。它可以通过 EN 及 PWM 引脚轻松控制。大多数器件配置使用外部电阻器值实现。如果 I2C 接口可用，则可以进行扩展配置。配置寄存器可以从待机状态写入正常状态，如表 6-10 所示。

表 6-10. 配置寄存器

寄存器名称	功能
ADV_SLOPE_ENABLE	启用高级 sloper S 形平滑函数。
DITHER_SELECT	选择多达 3 位的 PWM 抖动以提高调光分辨率。
SLOPE_SELECT	选择线性亮度 sloper 的持续时间。
BRT_MODE	选择 PWM 引脚或者 DISPLAY_BRT 寄存器进行亮度控制。
SPREAD_RANGE	选择最多 2 位用于升压开关展频频谱范围。
SPREAD_MOD_FREQ	选择最多 2 位升压开关频率展频调制频率。
SPREAD_PSEUDO_EN	为升压开关展频频率启用假随机调制。

6.5.2.2 清除故障中断

LP8866S-Q1 具有一个 INT 引脚，可在发生故障时提醒主机。如果 I2C 接口可用，则可以读回中断故障状态寄存器以了解检测到了哪些故障。这些状态位处于 SUPPLY_STATUS、BOOST_STATUS 和 LED_STATUS 寄存器中。每个中断状态都有一个 STATUS 位及一个 CLEAR 位。要清除故障中断状态，必须同时向 STATUS 位和 CLEAR 位写入 1。

6.5.2.3 禁用故障中断

默认情况下，大多数 LP8866S-Q1 故障都会触发 INT 引脚。每个故障都有两个 INT_EN 位。这些位处于 SUPPLY_INT_EN、BOOST_INT_EN 和 LED_INT_EN 寄存器中。如果读取 INT_EN 位并返回 2b'10，则在发生该故障时会触发 INT 引脚。可以通过将 2b'01 写入其 INT_EN 位来禁用故障中断，也可以通过将 2b'11 写入其 INT_EN 位来启用故障中断。还有一个 GLOBAL 故障中断可禁用，以防止任何故障触发 INT 引脚。

6.5.2.4 诊断寄存器

LP8866S-Q1 包含多个诊断寄存器，可通过串行接口读取以进行调试或获取其他器件信息。表 6-11 汇总了可用的寄存器。

表 6-11. 诊断寄存器

寄存器名称	功能
FSM_LIVE_STATUS	功能状态机的当前状态
PWM_INPUT_STATUS	PWM 引脚输入 16 位占空比测量值
LED_PWM_STATUS	状态机的 16 位 LED PWM 占空比
LED_CURRENT_STATUS	状态机 12 位 LED 电流 DAC 值
VBOOST_STATUS	自适应升压电压目标的 10 位值 — 值在 VBOOST_MIN 及 VBOOST_MAX 计算之间呈线性关系
MODE_SEL_CFG	MODE 检测中的调光模式配置
LED_STRING_CFG	LEDSET 检测中的 LED 灯串相位配置
BOOST_FREQ_SEL	来自 BST_FSET 检测的升压开关频率值
PWM_FREQ_SEL	来自 PWM_FSET 检测的 LED PWM 频率值

7 寄存器映射

7.1 FullMap 寄存器

表 7-1 列出了 FullMap 寄存器的存储器映射寄存器。表 7-1 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的位置，并且不应修改寄存器内容。

表 7-1. FULLMAP 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
00h	BRT_CONTROL	显示屏亮度	转到
02h	LED_CURR_CONFIG	LED 电流	转到
04h	USER_CONFIG1	用户配置 1	转到
06h	USER_CONFIG2	用户配置 2	转到
08h	SUPPLY_INT_EN	电源中断启用	转到
0Ah	BOOST_INT_EN	升压中断启用	转到
0Ch	LED_INT_EN	LED 中断启用	转到
0Eh	SUPPLY_STATUS	电源故障状态	转到
10h	BOOST_STATUS	升压故障状态	转到
12h	LED_STATUS	LED 故障状态	转到
14h	FSM_DIAGNOSTICS	器件状态诊断	转到
16h	PWM_INPUT_DIAGNOSTICS	PWM 输入诊断	转到
18h	PWM_OUTPUT_DIAGNOSTICS	PWM 输出诊断	转到
1Ah	LED_CURR_DIAGNOSTICS	LED 电流诊断	转到
1Ch	ADAPT_BOOST_DIAGNOSTICS	自适应升压诊断	转到
1Eh	AUTO_DETECT_DIAGNOSTICS	自动检测诊断	转到

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 7-2 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 7-2. FullMap 访问类型代码

访问类型	代码	说明
读取类型		
R	R	读取
写入类型		
W	W	写入
复位或默认值		
- n		复位后的值或默认值

7.1.1 BRT_CONTROL 寄存器 (偏移 = 00h) [复位 = 0h]

BRT_CONTROL 在图 7-1 中展示并在表 7-3 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-1. BRT_CONTROL 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DISPLAY_BRT															
R/W-0h															

表 7-3. BRT_CONTROL 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-0	DISPLAY_BRT	R/W	0h	显示屏亮度寄存器

7.1.2 LED_CURR_CONFIG 寄存器 (偏移 = 02h) [复位 = 0FFFh]

LED_CURR_CONFIG 在图 7-2 中展示并在表 7-4 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-2. LED_CURR_CONFIG 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED				LED_CURRENT											
R/W-0h				R/W-FFFh											

表 7-4. LED_CURR_CONFIG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-12	RESERVED	R/W	0h	这些位被保留。
11-0	LED_CURRENT	R/W	FFFh	所有 LED 输出的 LED 电流控制

7.1.3 USER_CONFIG1 寄存器 (偏移 = 04h) [复位 = 8A3h]

USER_CONFIG1 在图 7-3 中展示并在表 7-5 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-3. GROUPING1 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED	SPREAD_PSEUDO_EN	SPREAD_MOD_FREQ	SPREAD_RANGE	BRT_MODE			
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-2h	R/W-0h			
7	6	5	4	3	2	1	0
SLOPE_SELECT			DITHER_SELECT			ADV_SLOPE_ENABLE	RESERVED
R/W-5h			R/W-0h			R/W-1h	R/W-1h

表 7-5. USER_CONFIG1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15	RESERVED	R/W	0h	该位被保留。
14	SPREAD_PSEUDO_EN	R/W	0h	0h = 伪随机 SS 禁用 1h = 伪随机 SS 启用
13-12	SPREAD_MOD_FREQ	R/W	0h	升压展频调频 0h = 200Hz 1h = 500Hz 2h = 800Hz 3h = 1.2kHz
11-10	SPREAD_RANGE	R/W	2h	OSC_BST 展频范围 0h = 3.3% 1h = 4.3% 2h = 5.3% 3h = 7.2%

表 7-5. USER_CONFIG1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
9-8	BRT_MODE	R/W	0h	选择 PWM 引脚或者 DISPLAY_BRT 寄存器进行亮度控制 0h = 亮度由 PWM 输入控制 1h = 保留 2h = 亮度由 DISPLAY_BRT 寄存器控制 3h = 保留
7-5	SLOPE_SELECT	R/W	5h	选择线性亮度 sloper 的持续时间 0h = 禁用 1h = 1ms 2h = 2ms 3h = 50ms 4h = 100ms 5h = 200ms 6h = 300ms 7h = 500ms 线性斜率模式的时间。高级 sloper 将增加持续时间，同时为亮度转换增加额外的平滑处理。1ms 和 2ms sloper 时间只能在线性模式下使用。50 ms 至 500 ms sloper 持续时间可结合或不结合高级 sloper 函数一起使用。
4-2	DITHER_SELECT	R/W	0h	抖动模式选择 0h = 抖动已禁用 1h = 1 位抖动 2h = 2 位抖动 3h = 3 位抖动 4h = 4 位抖动
1	ADV_SLOPE_ENABLE	R/W	1h	0h = 线性倾斜 1h = 高级倾斜
0	RESERVED	R/W	1h	该位被保留。

7.1.4 USER_CONFIG2 寄存器 (偏移 = 06h) [复位 = 100h]

USER_CONFIG2 在图 7-4 中展示并在表 7-6 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-4. USER_CONFIG2 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED							EN_LED_GND_DETECT
R/W-0h							R/W-1h
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED	LED6_SHORT_DISABLE	LED5_SHORT_DISABLE	LED4_SHORT_DISABLE	LED3_SHORT_DISABLE	LED2_SHORT_DISABLE	LED1_SHORT_DISABLE	LED1_SHORT_DISABLE
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h

表 7-6. USER_CONFIG2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-9	RESERVED	R/W	0h	这些位被保留。

表 7-6. USER_CONFIG2 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
8	EN_LED_GND_DETECT	R/W	1h	在 Boost_SS 及正常阶段启用 LED 对地短路检测 0h = 禁用 1h = 启用
7-6	RESERVED	R/W	0h	这些位必须写入 0 才能正常运行。
5	LED6_SHORT_DISABLE	R/W	0h	禁用 LED string6 内部短路故障。 0h = 启用 1h = 禁用
4	LED5_SHORT_DISABLE	R/W	0h	禁用 LED string5 内部短路故障。 0h = 启用 1h = 禁用
3	LED4_SHORT_DISABLE	R/W	0h	禁用 LED string4 内部短路故障。 0h = 启用 1h = 禁用
2	LED3_SHORT_DISABLE	R/W	0h	禁用 LED string3 内部短路故障。 0h = 启用 1h = 禁用
1	LED2_SHORT_DISABLE	R/W	0h	禁用 LED string2 内部短路故障。 0h = 启用 1h = 禁用
0	LED1_SHORT_DISABLE	R/W	0h	禁用 LED string1 内部短路故障。 0h = 启用 1h = 禁用

7.1.5 SUPPLY_INT_EN 寄存器 (偏移 = 08h) [复位 = 2AAAh]

SUPPLY_INT_EN 在图 7-5 中展示并在表 7-7 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-5. SUPPLY_INT_EN 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED		BSTSYNC_INT_EN		CP_INT_EN		CPCAP_INT_EN	
R/W-0h		R/W-2h		R/W-2h		R/W-2h	
7	6	5	4	3	2	1	0
VINOCP_INT_EN		VDDUVLO_INT_EN		VINOVP_INT_EN		VINUVLO_INT_EN	
R/W-2h		R/W-2h		R/W-2h		R/W-2h	

表 7-7. SUPPLY_INT_EN 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-14	RESERVED	R/W	0h	这些位被保留。

表 7-7. SUPPLY_INT_EN 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
13-12	BSTSYNC_INT_EN	R/W	2h	缺少升压同步中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
11-10	CP_INT_EN	R/W	2h	电荷泵中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
9-8	CPCAP_INT_EN	R/W	2h	电荷泵电容器缺失中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
7-6	VINOC_P_INT_EN	R/W	2h	V _{IN} 过流中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
5-4	VDDUVLO_INT_EN	R/W	2h	V _{DD} 欠压中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
3-2	VINOVP_INT_EN	R/W	2h	V _{IN} 过压中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断

表 7-7. SUPPLY_INT_EN 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
1-0	VINUVLO_INT_EN	R/W	2h	V _{IN} 欠压中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断

7.1.6 BOOST_INT_EN 寄存器 (偏移 = 0Ah) [复位 = A028h]

BOOST_INT_EN 在图 7-6 中展示并在表 7-8 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-6. BOOST_INT_EN 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
TSD_INT_EN		ISET_INT_EN		LEDSET_INT_EN		MODE_INT_EN	
R/W-2h		R/W-2h		R/W-2h		R/W-2h	
7	6	5	4	3	2	1	0
FSET_INT_EN		BSTOCP_INT_EN		BSTOVPH_INT_EN		保留	
R/W-2h		R/W-2h		R/W-2h		R/W-0h	

表 7-8. BOOST_INT_EN 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-14	TSD_INT_EN	R/W	2h	热关断中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
13-12	ISET_INT_EN	R/W	2h	ISET 电阻器接地短路中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
11-10	LEDSET_INT_EN	R/W	0h	LEDSET 电阻器中断启用缺失 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断

表 7-8. BOOST_INT_EN 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
9-8	MODE_INT_EN	R/W	0h	MODE 电阻器中断启用缺失 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
7-6	FSET_INT_EN	R/W	0h	FSET 电阻器中断启用缺失 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
5-4	BSTOCP_INT_EN	R/W	2h	升压过流中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
3-2	BSTOVPH_INT_EN	R/W	2h	升压过压高电平中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
1-0	保留	R/W	0h	这些位被保留。

7.1.7 LED_INT_EN 寄存器 (偏移 = 0Ch) [复位 = AAh]

LED_INT_EN 在图 7-7 中展示并在表 7-9 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-7. LED_INT_EN 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED							
R/W-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
GLOBAL_INT_EN		I2C_ERROR_INT_EN		INVSTRING_INT_EN		VINUVVP_INT_EN	
R/W-2h		R/W-2h		R/W-2h		R/W-2h	

表 7-9. LED_INT_EN 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-8	RESERVED	R/W	0h	这些位被保留。

表 7-9. LED_INT_EN 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
7-6	GLOBAL_INT_EN	R/W	2h	全局中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
5-4	I2C_ERROR_INT_EN	R/W	2h	I2C 超时中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
3-2	INVSTRING_INT_EN	R/W	2h	LED 灯串配置中断启用无效 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断
1-0	LED_INT_EN	R/W	2h	LED 开路/内部短路/短接 GND 中断启用 读取： 0h = 中断当前禁用 2h = 中断当前启用 写入： 1h = 禁用中断 3h = 使能中断

7.1.8 SUPPLY_STATUS 寄存器 (偏移 = 0Eh) [复位 = 0h]

SUPPLY_STATUS 在图 7-8 中展示并在表 7-10 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-8. SUPPLY_STATUS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
CRCERR_STAT US	CRCERR_CLE AR	BSTSYNC_STA TUS	BSTSYNC_CLE AR	CP_STATUS	CP_CLEAR	CPCAP_STATU S	CPCAP_CLEA R
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
VINOC_P_STAT US	VINOC_P_CLEA R	VDDUVLO_ST ATUS	VDDUVLO_CL EAR	VINOVP_STAT US	VINOVP_CLEA R	VINU_VLO_STA TUS	VINU_VLO_CLE AR
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h

表 7-10. SUPPLY_STATUS 寄存器字段描述

位	字段	类型	复位	说明
15	CRCERR_STATUS	R/W	0h	CRC 错误故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
14	CRCERR_CLEAR	R/W	0h	CRC 错误故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
13	BSTSYNC_STATUS	R/W	0h	缺少升压同步故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
12	BSTSYNC_CLEAR	R/W	0h	缺少升压同步故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
11	CP_STATUS	R/W	0h	电荷泵故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
10	CP_CLEAR	R/W	0h	电荷泵故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
9	CPCAP_STATUS	R/W	0h	电荷泵缺失故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
8	CPCAP_CLEAR	R/W	0h	电荷泵缺失故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
7	VINOCP_STATUS	R/W	0h	V _{IN} 过流故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
6	VINOCP_CLEAR	R/W	0h	V _{IN} 过流故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
5	VDDUVLO_STATUS	R/W	0h	V _{DD} 欠压故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
4	VDDUVLO_CLEAR	R/W	0h	V _{DD} 欠压故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
3	VINOVP_STATUS	R/W	0h	V _{IN} 过压故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
2	VINOVP_CLEAR	R/W	0h	V _{IN} 过压故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态

表 7-10. SUPPLY_STATUS 寄存器字段描述 (续)

位	字段	类型	复位	说明
1	VINUVLO_STATUS	R/W	0h	V _{IN} 欠压故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
0	VINUVLO_CLEAR	R/W	0h	V _{IN} 欠压故障 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态

7.1.9 BOOST_STATUS 寄存器 (偏移 = 10h) [复位 = 0h]

BOOST_STATUS 在图 7-9 中展示并在表 7-11 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-9. BOOST_STATUS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
TSD_STATUS	TSD_CLEAR	ISSET_STATUS	ISSET_CLEAR	LEDSET_STAT US	LEDSET_CLEA R	MODESEL_ST ATUS	MODESEL_CL EAR
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
FSET_STATUS	FSET_CLEAR	BSTOCP_STAT US	BSTOCP_CLE AR	BSTOVPH_STA TUS	BSTOVPH_CL EAR	BSTOVPL_STA TUS	BSTOVPL_CLE AR
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h

表 7-11. BOOST_STATUS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15	TSD_STATUS	R/W	0h	热关断故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
14	TSD_CLEAR	R/W	0h	热关断故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
13	ISSET_STATUS	R/W	0h	ISSET 电阻器接地短路故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
12	ISSET_CLEAR	R/W	0h	ISSET 电阻器接地短路故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
11	LEDSET_STATUS	R/W	0h	缺失 LED 电阻器故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
10	LEDSET_CLEAR	R/W	0h	缺失 LED 电阻器故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
9	MODESEL_STATUS	R/W	0h	缺失 MODE SEL 电阻器故障状态 0h = 无故障 1h = 故障

表 7-11. BOOST_STATUS 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
8	MODESEL_CLEAR	R/W	0h	缺失 MODE SEL 电阻器故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
7	FSET_STATUS	R/W	0h	缺少升压 FSET 电阻器故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
6	FSET_CLEAR	R/W	0h	缺少升压 FSET 电阻器故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
5	BSTOCP_STATUS	R/W	0h	升压过流故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
4	BSTOCP_CLEAR	R/W	0h	升压过流故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
3	BSTOVPH_STATUS	R/W	0h	升压 OVP 高电平故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
2	BSTOVPH_CLEAR	R/W	0h	升压 OVP 高电平故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
1	BSTOVPL_STATUS	R/W	0h	升压 OVP 低电平故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
0	BSTOVPL_CLEAR	R/W	0h	升压 OVP 低电平故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”以清除中断寄存器状态

7.1.10 LED_STATUS 寄存器 (偏移 = 12h) [复位 = 0h]

LED_STATUS 在图 7-10 中展示并在表 7-12 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-10. LED_STATUS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED	I2C_ERROR_S TATUS	I2C_ERROR_C LEAR	INVSTRING_S TATUS	INVSTRING_C LEAR	LED_STATUS	LED_CLEAR	GND_LED
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R-0h
7	6	5	4	3	2	1	0
SHORT_LED	OPEN_LED	LED6_FAULT	LED5_FAULT	LED4_FAULT	LED3_FAULT	LED2_FAULT	LED1_FAULT
R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h	R-0h

表 7-12. LED_STATUS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15	RESERVED	R/W	0h	该位被保留

表 7-12. LED_STATUS 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
14	I2C_ERROR_STATUS	R/W	0h	I2C 超时故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
13	I2C_ERROR_CLEAR	R/W	0h	I2C 超时故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
12	INVSTRING_STATUS	R/W	0h	无效字符串配置故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
11	INVSTRING_CLEAR	R/W	0h	无效字符串配置故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
10	LED_STATUS	R/W	0h	LED 开路/内部短路/短接 GND 故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
9	LED_CLEAR	R/W	0h	LED 开路/内部短路/短接 GND 故障清除 同时向状态位和清除位写入“1”，以清除中断寄存器状态和中断引脚状态
8	GND_LED	R	0h	LED 短接 GND 故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
7	SHORT_LED	R	0h	LED 内部短路状态 0h = 无故障 1h = 故障
6	OPEN_LED	R	0h	LED 开路故障状态 0h = 无故障 1h = 故障
5	LED6_FAULT	R	0h	LED 6 状态 0h = 无故障 1h = 故障
4	LED5_FAULT	R	0h	LED 5 状态 0h = 无故障 1h = 故障
3	LED4_FAULT	R	0h	LED 4 状态 0h = 无故障 1h = 故障
2	LED3_FAULT	R	0h	LED 3 状态 0h = 无故障 1h = 故障
1	LED2_FAULT	R	0h	LED 2 状态 0h = 无故障 1h = 故障

表 7-12. LED_STATUS 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
0	LED1_FAULT	R	0h	LED 1 状态 0h = 无故障 1h = 故障

7.1.11 FSM_DIAGNOSTICS 寄存器 (偏移 = 14h) [复位 = 0h]

FSM_DIAGNOSTICS 在图 7-11 中展示并在表 7-13 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-11. FSM_DIAGNOSTICS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED							
R-0h							
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED				FSM_LIVE_STATUS			
R-0h				R-0h			

表 7-13. FSM_DIAGNOSTICS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-5	RESERVED	R	0h	这些位被保留
4-0	FSM_LIVE_STATUS	R	0h	功能状态机的当前状态 0h = 禁用 1h = LDO_STARTUP 2h = OTP_READ 3h = STANDBY 4h-Fh = BOOST_STARTUP 10h = NORMAL 11h = SHUTDOWN 12h = FAULT_RECOVERY 13h = ALL_LED_FAULT

7.1.12 PWM_INPUT_DIAGNOSTICS 寄存器 (偏移 = 16h) [复位 = 0h]

PWM_INPUT_DIAGNOSTICS 在图 7-12 中展示并在表 7-14 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-12. PWM_INPUT_DIAGNOSTICS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PWM_INPUT_STATUS															
R-0h															

表 7-14. PWM_INPUT_DIAGNOSTICS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-0	PWM_INPUT_STATUS	R	0h	检测到的 PWM 输入信号占空比的 16 位值。

7.1.13 PWM_OUTPUT_DIAGNOSTICS 寄存器 (偏移 = 18h) [复位 = 0h]

PWM_OUTPUT_DIAGNOSTICS 在图 7-13 中展示并在表 7-15 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-13. PWM_OUTPUT_DIAGNOSTICS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PWM_OUTPUT_STATUS															
R-0h															

表 7-15. PWM_OUTPUT_DIAGNOSTICS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-0	PWM_OUTPUT_STATUS	R	0h	PWM 输出信号的配置占空比的 16 位值。

7.1.14 LED_CURR_DIAGNOSTICS 寄存器 (偏移 = 1Ah) [复位 = 0h]

LED_CURR_DIAGNOSTICS 在图 7-14 中展示并在表 7-16 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-14. LED_CURR_DIAGNOSTICS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED				LED_CURRENT_STATUS			
R-0h				R-0h			
7	6	5	4	3	2	1	0
LED_CURRENT_STATUS							
R-0h							

表 7-16. LED_CURR_DIAGNOSTICS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-12	RESERVED	R	0h	这些位被保留。
11-0	LED_CURRENT_STATUS	R	0h	亮度路径驱动到 OUT1-6 输出的 12 位电流 DAC 代码。

7.1.15 ADAPT_BOOST_DIAGNOSTICS 寄存器 (偏移 = 1Ch) [复位 = 0h]

ADAPT_BOOST_DIAGNOSTICS 在图 7-15 中展示并在表 7-17 中进行介绍。

返回[汇总表](#)。

图 7-15. ADAPT_BOOST_DIAGNOSTICS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED					VBOOST_STATUS		
R-0h					R-0h		
7	6	5	4	3	2	1	0
VBOOST_STATUS							
R-0h							

表 7-17. ADAPT_BOOST_DIAGNOSTICS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15-11	RESERVED	R	0h	这些位被保留。

表 7-17. ADAPT_BOOST_DIAGNOSTICS 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
10-0	VBOOST_STATUS	R	0h	自适应电压控制环路发送至模拟升压块的 11 位升压代码。 在双电阻器方法中，升压输出电压 = $((1+R1/R2)*1.21V) + (R1*18.9nA*VBOOST_STATUS)$

7.1.16 AUTO_DETECT_DIAGNOSTICS 寄存器 (偏移 = 1Eh) [复位 = 0h]

AUTO_DETECT_DIAGNOSTICS 在图 7-16 中展示并在表 7-18 中进行介绍。

返回汇总表。

图 7-16. AUTO_DETECT_DIAGNOSTICS 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RESERVED	AUTO_PWM_FREQ_SEL				RESERVED	AUTO_LED_STRING_CFG	
R-0h	R-0h				R-0h	R-0h	
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED		AUTO_BOOST_FREQ_SEL				MODE_SEL	
R-0h		R-0h				R-0h	

表 7-18. AUTO_DETECT_DIAGNOSTICS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15	RESERVED	R	0h	该位被保留
14-12	AUTO_PWM_FREQ_SEL	R	0h	来自 PWM_SEL 电阻器检测的 LED PWM 频率值 0h = 152Hz 1h = 305Hz 2h = 610Hz 3h = 1221Hz 4h = 2441Hz 5h = 4883Hz 6h = 9766Hz 7h = 19531Hz
11	RESERVED	R	0h	该位被保留
10-8	AUTO_LED_STRING_CFG	R	0h	LED_SET 电阻器检测的 LED 灯串配置 0h = 6 个单独的串 1h = 5 个单独的串 2h = 4 个单独的串 3h = 3 个单独的串 4h = 2 个单独的串 5h = 按 3 组连接 6 个通道输出来驱动 3 个串 6h = 按 2 组连接 6 个通道输出来驱动 2 个串 7h = 6 个通道输出连接在一起以驱动 1 个串
7-6	RESERVED	R	0h	这些位被保留

表 7-18. AUTO_DETECT_DIAGNOSTICS 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
5-3	AUTO_BOOST_FREQ_SEL	R	0h	来自 PWM_FSET 电阻器检测的升压开关频率值 0h = 100kHz 1h = 200kHz 2h = 303kHz 3h = 400kHz 4h = 500kHz 5h = 1818kHz 6h = 2000kHz 7h = 2222kHz
2-0	MODE_SEL	R	0h	MODE 检测中的 LED 调光 MODE 值 0h = PWM 模式, I2C 地址 0x2B 1h = 12.5% 混合调光模式, I2C 地址 0x2B 2h = 恒流模式, I2C 地址 0x2B 3h = 直接 PWM, I2C 地址 0x2B 4h = PWM 模式, I2C 地址 0x2A 5h = 12.5% 混合调光模式, I2C 地址 0x2A 6h = 恒流模式, I2C 地址 0x2A 7h = 直接 PWM, I2C 地址 0x2A

8 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

8.1 应用信息

LP8866S-Q1 器件专为汽车应用而设计，输入电压 V_{IN} 旨在连接到车辆电池。根据输入电压，该器件可用于升压模式或 SEPIC 模式。该器件由 VDD 引脚在内部供电，电压必须在 2.7V 至 5.5V 范围内。该器件可通过外部元件或 I2C 接口实现灵活的配置。如果 VDD 电压不足以驱动外部 nMOSFET 栅极，则必须使用内部电荷泵为栅极驱动器 (GD 引脚) 供电。

8.2 典型应用

8.2.1 用于显示屏背光的全功能应用

图 8-1 显示了采用升压拓扑的 LP8866S-Q1 器件的完整应用。它在显示模式下支持 6 个 LED 灯串，每个 LED 为 150mA，并具有自动 60° 相移。亮度控制寄存器用于通过 I2C 通信实现 LED 调光方法。启用电荷泵以实现具有展频功能的 400kHz 升压开关频率。

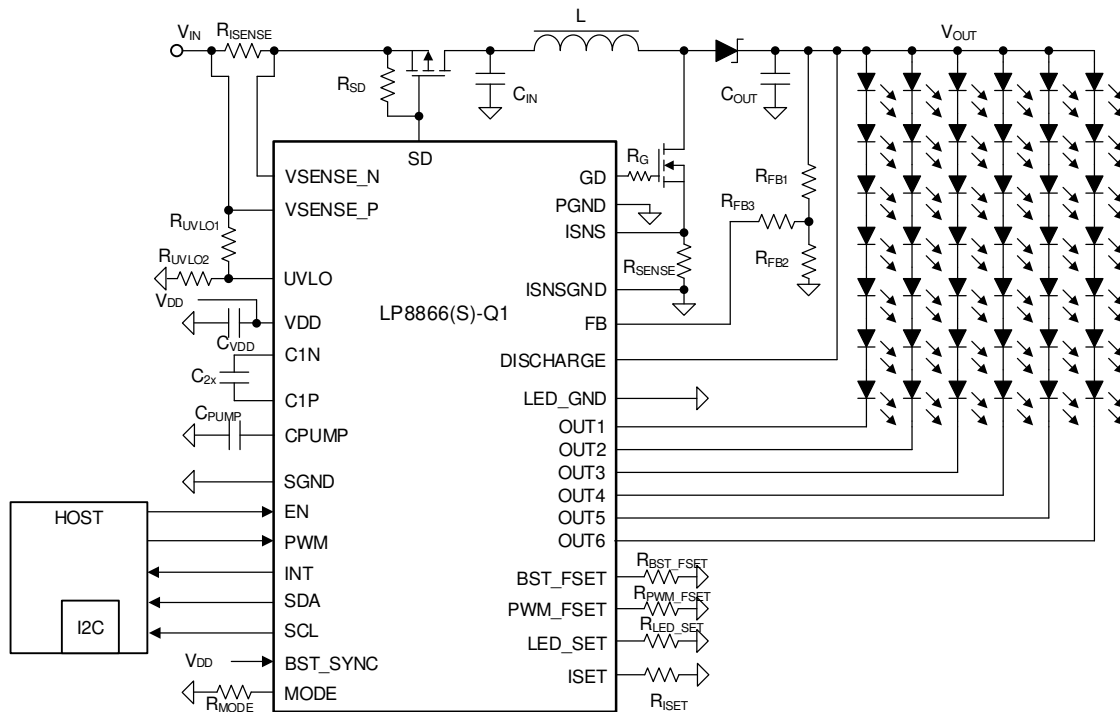


图 8-1. 用于显示屏背光的全功能应用

8.2.1.1 设计要求

此典型的 LED 驱动器应用旨在满足表 8-1 中列出的参数要求：

表 8-1. LP8866S-Q1 全特性设计参数

设计参数	值
VIN 电压范围	5V 至 20V (静态电压)
VDD 电压	3.3V
LED 灯串配置	6 个灯串 , 7 个 LED 串联
电荷泵	启用
亮度控制	I2C
输出配置	OUT1 至 OUT6 处于相移模式 (60°)
LED 灯串电流	150mA
升压频率	400kHz
电感器	6.5A 饱和电流时为 22μH
R _{ISENSE}	20mΩ
电源线 FET	启用
R _{SENSE}	30mΩ
输入/输出电容器	C _{IN} 和 C _{OUT} : 1 × 33μF 电解电容器 + 1 × 10μF 陶瓷电容器
展频	启用
放电功能	启用

8.2.1.2 详细设计过程

8.2.1.2.1 电感器选型

选择电感器时需要考虑一些因素：电感、额定电流及 DC 电阻 (DCR)。表 8-2 展示了每个工作频率下的建议电感值。LP8866S-Q1 器件根据所选的开关频率自动设置内部升压补偿控制。

表 8-2. 升压开关频率的电感值

SW 频率 (kHz)	电感 (μH)
100	47
200	33
303	22
400	22
500	22
1818	10
2000	10
2222	10

电感器的额定电流必须至少比最大升压开关电流 $I_{SW(max)}$ 高 25%，这可以通过公式 21 计算得出。TI 建议使用具有低 DCR 的电感器，以实现良好的效率。效率随负载条件、开关频率和元件而变化。80% 可用作典型估算值。在极端条件下，需要考虑 65% 的效率。

$$I_{SW(max)} = \frac{\Delta I_L}{2} + \frac{I_{OUT(max)}}{1 - D} \quad (21)$$

其中

- $\Delta I_L = V_{IN(min)} \times D / f_{SW} \times L$
- $D = 1 - V_{IN(min)} \times \eta / V_{OUT}$
- $I_{SW(max)}$ ：最大开关电流
- ΔI_L ：电感纹波电流
- $I_{OUT(max)}$ ：最大输出电流
- D ：升压占空比
- $V_{IN(min)}$ ：最小输入电压
- f_{SW} ：转换器的最小开关频率
- L ：电感
- V_{OUT} ：输出电压
- η ：升压转换器的效率

8.2.1.2.2 输出电容器选型

输出电容器的建议额定电压比最大输出电压水平高 50%。电容值决定电压纹波并且提高稳定性。考虑到电容值的选择, DC 偏置效应可将有效电容显著降低多达 80%。保守的目标有效电容是 50μF, 用以实现良好的相位裕度和增益裕度水平。可以参阅产品网页中的设计表, 了解特定应用中的目标有效电容。TI 建议将 33μF 铝聚合物电解电容器与 10μF 陶瓷电容器并联使用, 以减少纹波、提高稳定性并降低 ESR 影响。

8.2.1.2.3 输入电容器选型

建议的输入电容与输出电容相同, 但输入电容器对升压运行不那么重要。输入电容可以减小, 但必须确保为输入功率提供足够的滤波。

8.2.1.2.4 电荷泵输出电容器

TI 建议为电荷泵的输出电容器使用额定电压至少达 10V 的陶瓷电容器。10 μF 电容器可用于大多数应用。

8.2.1.2.5 电荷泵飞跨电容器

TI 建议为电荷泵的飞跨电容器使用额定电压至少达 10V 的陶瓷电容器。大多数应用可以使用一个连接 C1P 及 C1N 引脚的 2.2 μF 电容器。

8.2.1.2.6 输出二极管

升压输出二极管必须使用肖特基二极管。额定电流必须至少比最大输出电流高 25%。具有低正向压降及快速开关速度的肖特基二极管旨在提高效率。在最大电流下, 正向电压必须尽可能低; 建议小于 0.5V。肖特基二极管的反向击穿电压必须明显大于输出电压, 建议将额定电压提高 25%。请勿使用普通的整流二极管, 因为较慢的开关速度和较长的恢复时间会导致效率和负载调节受到影响。

8.2.1.2.7 开关 FET

FET 的栅极驱动电压是 5V。开关 FET 为确定升压转换器电源效率的关键元件。选择开关 FET 时需要考虑几个方面, 例如电压和电流额定值、 $R_{DS(on)}$ 、功率耗散、热阻和上升/下降时间。必须使用额定电压比最大输出电压至少高 25% 的 N 型 MOSFET。开关 FET 的额定电流应该相同或高于电感器额定值。 $R_{DS(on)}$ 必须尽可能低, 建议小于 20mΩ。热阻 ($R_{\theta JA}$) 也必须很低, 以便通过开关 FET 上的功率损耗散热。大多数情况下, 建议在 GD 引脚和开关 FET 的栅极端子之间连接一个电阻。它可以用于控制开关 FET 的上升/下降时间。这种栅极电阻可在 EMC 性能和效率之间提供平衡的灵活性。

8.2.1.2.8 升压检测电阻

R_{SENSE} 电阻器决定升压过流限值, 在每个升压开关周期都会进行检测。可以使用高功率 20mΩ 电阻器来检测升压 SW 电流, 并将最大电流限制设置为 10A (典型值)。可以增大 R_{SENSE} 来降低此限值, 并可使用公式 22 计算得出。在典型情况下, 为了避免 R_{SENSE} 电阻上出现过多的效率损失, 建议将升压过流限制设置为高于 4A, 因此 R_{SENSE} 不超过 50mΩ。额定功率可根据电感电流和感测电阻器电阻值计算得出。

$$R_{SENSE} = \frac{200 \text{ mV}}{I_{BOOST_OCP}} \quad (22)$$

其中

- R_{SENSE} : 升压检测电阻器 (mΩ)
- I_{BOOST_OCP} : 升压过流限制

8.2.1.2.9 电源线 FET

电源线 FET 可用于从升压输入断开输入功率，以在发生过流事件时保护 LP8866S-Q1 器件和升压元件。P 型 MOSFET 用于电源线 FET。额定电压必须至少比最大输入电压水平高 25%。低 $R_{DS(on)}$ 对于降低 FET 上的功率损耗很重要 — 建议小于 $20m\Omega$ 。FET 的额定电流必须至少比输入峰值电流高 25%。完全导通晶体管的最小栅源电压 (V_{GS}) 必须小于最小输入电压；在 pFET 栅极及源极之间使用 $20k\Omega$ 电阻器。

8.2.1.2.10 输入电流检测电阻

可使用高功率电阻器来检测升压输入电流。当 R_{ISENSE} 上的电压达到 $220mV$ 时，会检测到过流情况。典型 $20m\Omega$ 检测电阻用于设置 $11A$ 输入电流限制。可根据需要增大检测电阻值，以降低应用的过流限值。额定功率可根据输入电流及电阻值计算得出。

8.2.1.2.11 反馈电阻分压器

反馈电阻 R_{FB1} 和 R_{FB2} 可以确定最大升压输出电平。输出电压可按方程式 23 计算：

$$V_{OUT_MAX} = \left(\frac{V_{BG}}{R_{FB2}} + I_{SEL_MAX} \right) \times R_{FB1} + V_{BG} \quad (23)$$

其中

- $V_{BG} = 1.21V$
- $I_{SEL_MAX} = 38.7\mu A$
- R_{FB1} / R_{FB2} 的正常建议范围为 7~15

8.2.1.2.12 设计的关键元件

图 8-2 显示了电路的关键部分：升压元件、LP8866S-Q1 内部电荷泵（用于栅极驱动器供电）以及 LP8866S-Q1 供电/接地。原理图示例如图 8-2 所示。

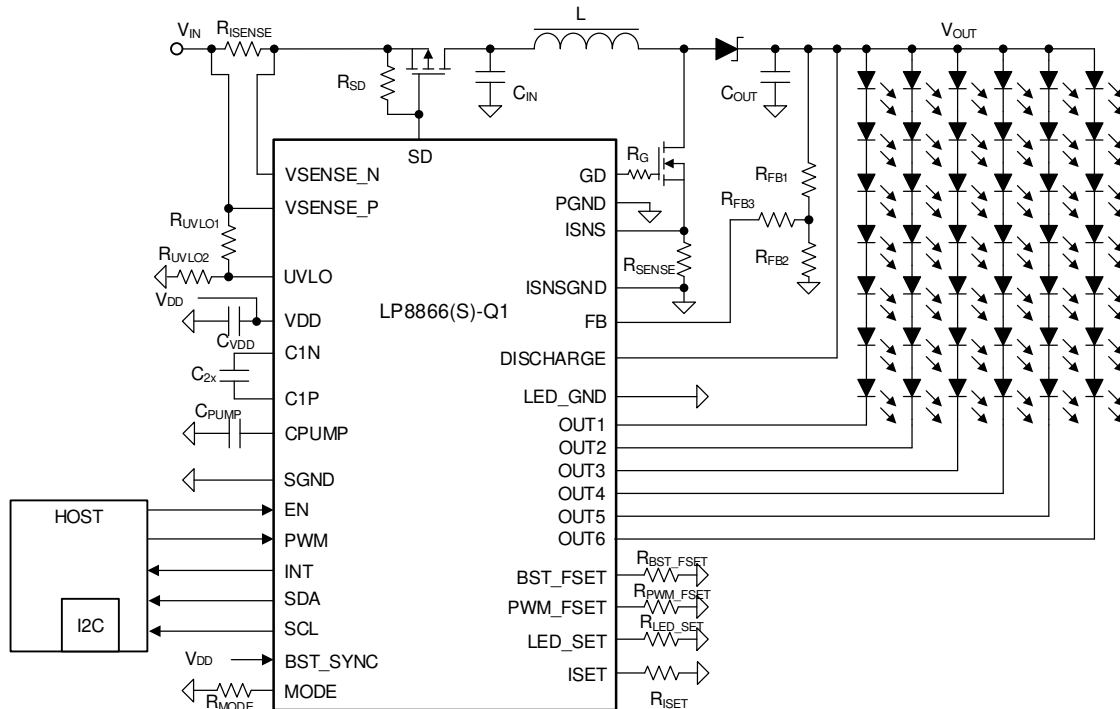


图 8-2. 全功能设计的关键元件

表 8-3. 全功能设计示例的建议元件值

参考位号	说明	注释
R _{ISENSE}	20mΩ , 3W	输入电流检测电阻
R _{SD}	20kΩ , 0.1W	电源线 FET 栅极上拉电阻
R _{SENSE}	30mΩ , 3 W	升压电流检测电阻器
R _G	15Ω , 0.1W	用于控制 EMC 的 nMOSFET 上升/下降时间的栅极电阻器
R _{UVLO1}	76.8kΩ , 0.1 W	这些 UVLO 电阻设置将 VIN_UVLO 上升电压设置为 3.75V, 将 VIN_UVLO 下降电压设置为 3.35V
R _{UVLO2}	20.5kΩ , 0.1 W	
R _{FB3}	0Ω , 0.1W	除非对电阻器进行 100kΩ 限制, 否则不需要
R _{FB2}	100kΩ , 0.1 W	底部反馈分压电阻器
R _{FB1}	910kΩ , 0.1 W	顶部反馈分压电阻器
R _{BST_FSET}	3.92kΩ , 0.1 W	升压频率设置电阻器 (400kHz)
R _{ISET}	20.8kΩ , 0.1 W	电流设置电阻器 (每通道 150mA)
R _{PWM_FSET}	17.8kΩ , 0.1 W	输出 PWM 频率设置电阻 (4.88kHz PWM 频率, 可以避免可闻噪声)
R _{MODE}	3.92kΩ , 0.1 W	模式电阻器 (具有 0x2B I2C 地址的相移 PWM 模式)
R _{LED_SET}	3.92kΩ , 0.1 W	LED_SET 电阻器 (6 通道配置)
C _{PUMP}	10μF、10V 陶瓷电容器	电荷泵输出电容器
C _{2X}	2.2μF、10V 陶瓷电容器	飞跨电容器
C _{VDD}	4.7μF + 0.1μF、10V 陶瓷电容器	VDD 旁路电容器
C _{IN}	1 × 33μF、50V 电解电容器 + 1 × 10μF、50V 陶瓷电容器	升压输入电容器
C _{OUT}	1 × 33μF、50V 电解电容器 + 1 × 10μF、50V 陶瓷电容器	升压输出电容器
L1	22 μH 饱和电流 6.5A	升压电感器
D1	50V、6.5A 肖特基二极管	升压肖特基二极管
Q1	60V、15A nMOSFET	升压 nMOSFET
Q2	60V、15A pMOSFET	电源线 FET

8.2.1.3 应用曲线

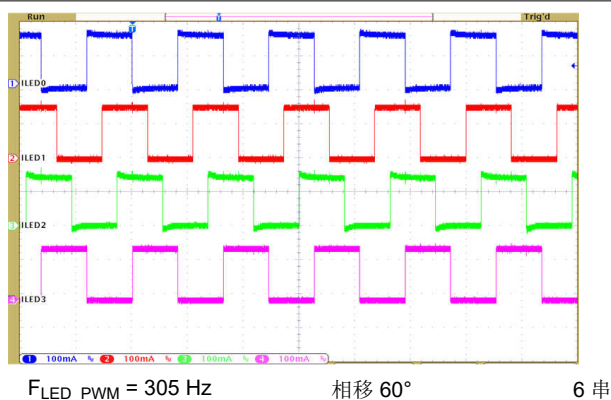
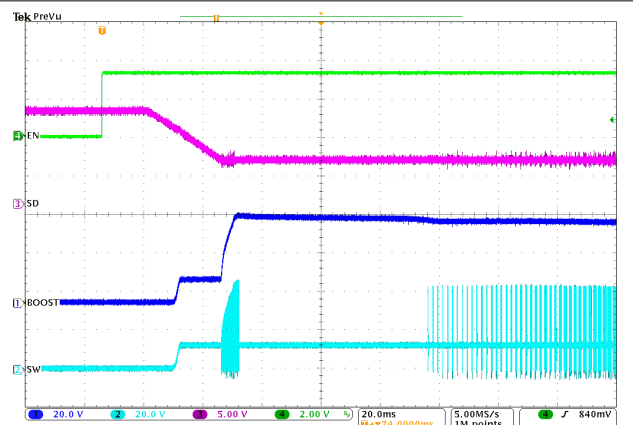


图 8-3. 显示相移 PWM 运行的 LED 灯串电流



$f_{SW} = 400 \text{ kHz}$ 150mA/串
 $C_{IN} = C_{OUT} = 1 \times 33 \mu\text{F}$ (电解) + $1 \times 10 \mu\text{F}$ (陶瓷)

图 8-4. 典型启动

8.2.2 具有基本/最小操作的应用

如果需要尽可能降低设计的材料成本和 PCB 面积，LP8866S-Q1 仅需很少的外部元件即可实现基本功能。在此示例中，LP8866S-Q1 配置为使用外部元件且无 I2C 通信。移除了电源线 FET，输入电流检测也是如此。不使用内部电荷泵，并禁用所有外部同步功能和特殊功能。由于 PCB 面积和高度限制，移除了 33 μ F 铝聚合物电解电容器的去除。此外，升压外部补偿用于补偿 33 μ F 铝聚合物电解电容器的去除。

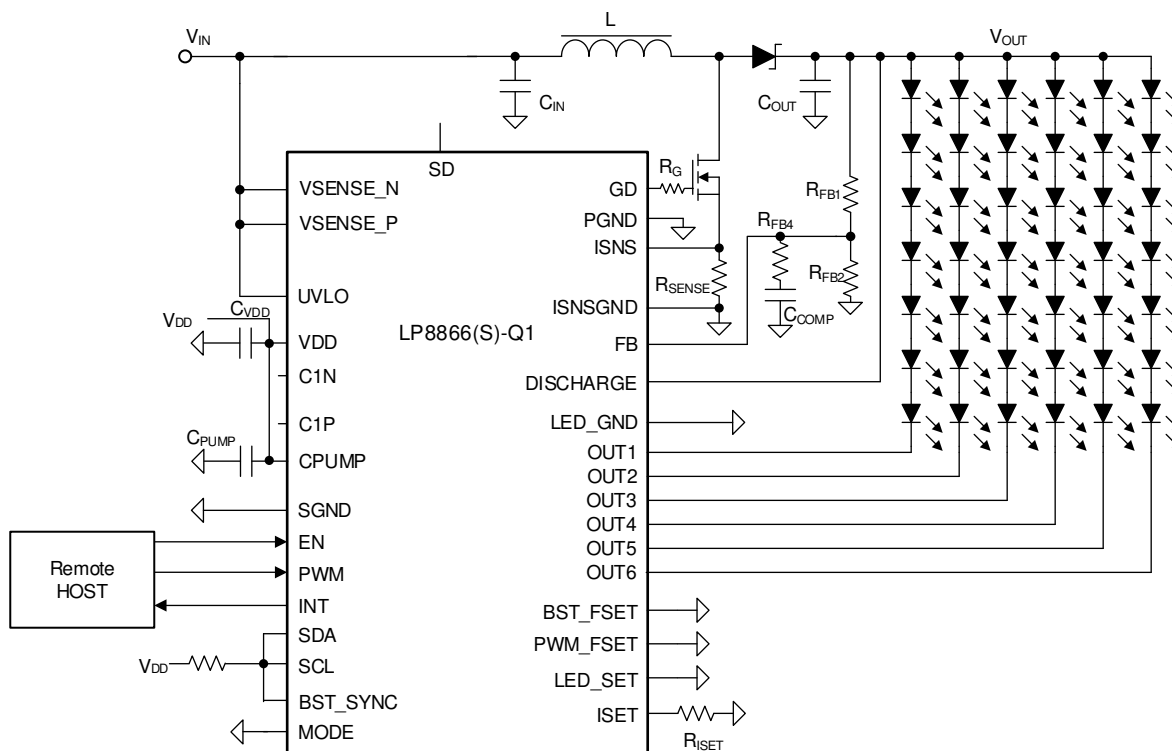


图 8-5. 最小设计/最小元件应用

8.2.2.1 设计要求

此典型的 LED 驱动器应用旨在满足表 8-4 中列出的参数要求：

表 8-4. LP8866S-Q1 最小解决方案设计参数

设计参数	值
VIN 电压范围	3V 至 20V (静态电压)
VDD 电压	5V
LED 灯串配置	6 个灯串 , 7 个 LED 串联
电荷泵	禁用
亮度控制	PWM
输出配置	OUT1 至 OUT6 处于相移模式 (60°)
LED 灯串电流	120mA
升压频率	400kHz
电感器	6.5A 饱和电流时为 22μH
R _{ISENSE}	20mΩ
电源线 FET	启用
R _{SENSE}	30mΩ
输入/输出电容器	C _{IN} 和 C _{OUT} : 3 × 10μF 陶瓷电容器
展频	启用
放电功能	启用

8.2.2.2 详细设计过程

请参阅 [详细设计过程](#)。

8.2.2.3 应用曲线

请参阅 [应用曲线](#)。

8.2.3 SEPIC 模式应用

当 LED 灯串电压可能高于和低于输入电压水平时，使用 SEPIC 配置。在 SEPIC 模式下，SW 引脚检测到等于输入和输出电压之和的最大电压，在选择元件时应考虑这一点。

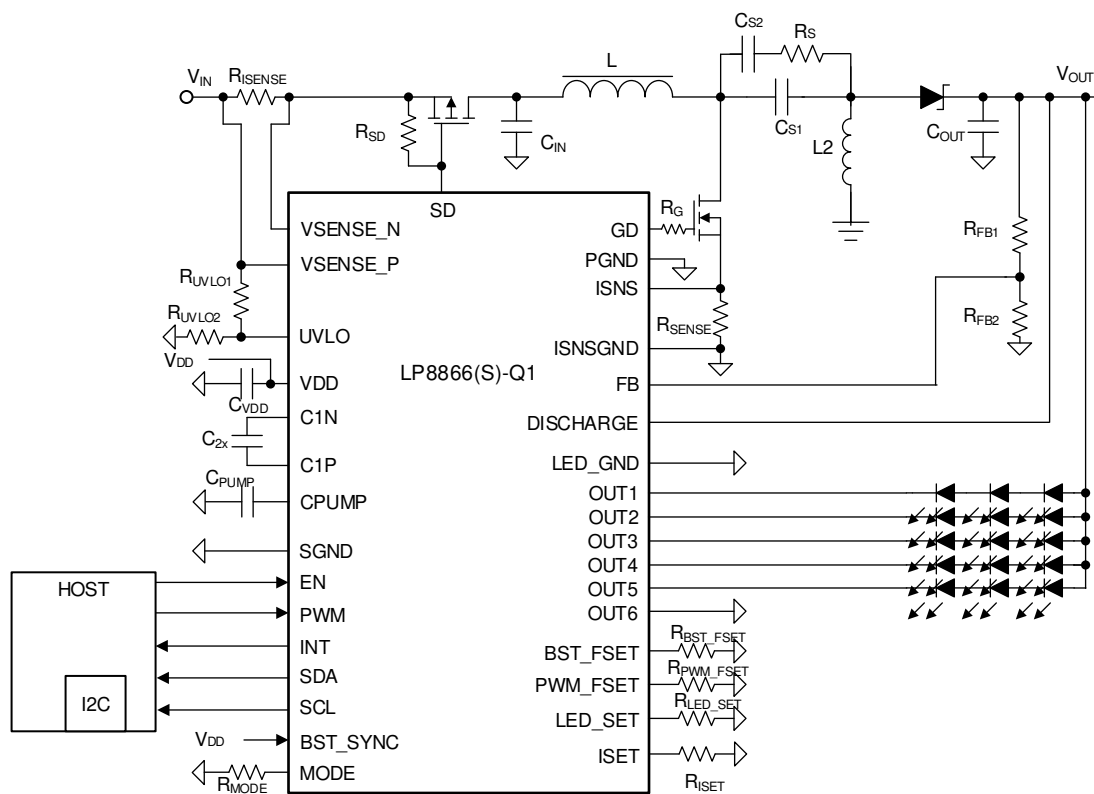


图 8-6. SEPIC 模式，具有三个串联 LED

8.2.3.1 设计要求

此典型的 LED 驱动器应用旨在满足表 8-5 中列出的参数要求：

表 8-5. LP8866S-Q1 SEPIC 模式设计参数

设计参数	值
V _{IN} 电压范围	4.5V 至 20V (静态电压)
V _{DD} 电压	3.3V
LED 灯串配置	5 个灯串 , 3 个 LED 串联
电荷泵	启用
亮度控制	I2C
输出配置	OUT1 至 OUT5 处于相移 PWM 模式
LED 灯串电流	80mA
升压频率	2.2MHz
电感器	4A 饱和电流时为 10μH
R _{ISENSE}	20mΩ
电源线 FET	启用
R _{SENSE}	50mΩ
输入/输出电容器	C _{IN} 和 C _{OUT} : 1 × 33μF 电解电容器 + 1 × 10μF 陶瓷电容器
展频	启用
放电功能	启用

8.2.3.2 详细设计过程

8.2.3.2.1 电感器选型

两个电感器的电感都可以从表 8-6 中选择，具体取决于应用的工作频率。建议电流额定值至少比最大电感器峰值电流高 25%。峰峰值纹波电流可以估计为最大输入电流的 40%左右，电感器峰值电流可以使用公式 24、公式 25 和公式 26 计算：

表 8-6. SEPIC 开关频率的电感值

SW 频率 (kHz)	电感 (μH)
100	22
200	15
303	10
400	10
500	10
1818	4.7
2000	4.7
2222	4.7

$$I_{L1(\text{peak})} = I_{\text{OUT}} \times \frac{V_{\text{OUT}} + V_D}{V_{\text{IN}(\text{min})}} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) \quad (24)$$

其中

- $I_{L1(\text{peak})}$: 电感器 1 的峰值电流
- I_{OUT} : 最大输出电流
- V_{OUT} : 输出电压
- V_D : 二极管正向压降
- $V_{\text{IN}(\text{min})}$: 最小输入电压

$$I_{L2(\text{peak})} = I_{\text{OUT}} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) \quad (25)$$

其中

- $I_{L2(\text{peak})}$: 电感器 2 的峰值电流
- I_{OUT} : 最大输出电流

$$\Delta I_L = I_{\text{IN}} \times 40\% = I_{\text{OUT}} \times \frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}(\text{min})}} \times 40\% \quad (26)$$

其中

- ΔI_L : 电感纹波电流
- I_{IN} : 输入电流
- V_{OUT} : 输出电压
- $V_{\text{IN}(\text{min})}$: 最小输入电压

8.2.3.2.2 耦合电容器选型

耦合电容器 C_s 将输入与输出隔离，并提供短路负载保护。SEPIC 电容器 C_s 的选择主要取决于 RMS 电流，该电流可通过 [公式 27](#) 计算得出。电容器的额定 RMS 电流必须相对于输出功率较大；TI 建议 I_{RMS} 的额定值至少高 25%。使用非耦合电感器时，请使用一个 $10\mu F$ 陶瓷电容器与一个 $33\mu F$ 电解电容器和串联 2Ω 电阻器并联。如果使用了耦合电感器，则仅使用一个 $10\mu F$ 陶瓷电容器。

$$I_{Cs(rms)} = I_{OUT} \times \sqrt{\frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(min)}}} \quad (27)$$

其中

- $I_{Cs(rms)}$ ： C_s 电容器的 RMS 电流
- I_{OUT} ：输出电流
- V_{OUT} ：输出电压
- V_D ：二极管正向压降
- $V_{IN(min)}$ ：最小输入电压

8.2.3.2.3 输出电容器选型

请参阅 [详细设计过程](#)。

8.2.3.2.4 输入电容器选型

请参阅 [详细设计过程](#)。

8.2.3.2.5 电荷泵输出电容器

请参阅 [详细设计过程](#)。

8.2.3.2.6 电荷泵飞跨电容器

请参阅 [详细设计过程](#)。

8.2.3.2.7 开关 FET

FET 的栅极驱动电压是 5V。对开关 FET 使用 N 型 MOSFET。用于 SEPIC 模式的开关 FET 的最大电压为 $V_{IN(max)} + V_{OUT}$ ，建议将额定值提高 25%。建议电流额定值比峰值电流高 25%，可通过 [公式 28](#) 计算。 $R_{DS(on)}$ 必须尽可能低，建议小于 $20m\Omega$ 。热阻 ($R_{\theta JA}$) 也必须很低，以便通过开关 FET 上的功率损耗散热。推荐的典型上升/下降时间值小于 10ns。

$$I_{Q1(peak)} = I_{L1(peak)} + I_{L2(peak)} \quad (28)$$

其中

- $I_{Q1(peak)}$ ：开关 FET 的峰值电流
- $I_{L1(peak)}$ ：电感器 1 的峰值电流
- $I_{L2(peak)}$ ：电感器 2 BOOST_OCP 的峰值电流

8.2.3.2.8 输出二极管

SEPIC 输出二极管必须使用肖特基二极管。额定电流必须至少比最大电流高 25%，这与开关峰值电流相同。具有低正向压降及快速开关速度的肖特基二极管很适合提高效率。在最大电流下，正向电压必须尽可能低；TI 建议小于 0.5V。肖特基二极管的反向击穿电压必须能够承受 $V_{IN(max)} + V_{OUT(max)}$ ；建议至少将额定电压提高 25%。请勿使用普通的整流二极管，因为较慢的开关速度和较长的恢复时间会导致效率和负载调节受到影响。

8.2.3.2.9 开关检测电阻器

请参阅 [详细设计过程](#)。

8.2.3.2.10 电源线 FET

请参阅 [详细设计过程](#)。

8.2.3.2.11 输入电流检测电阻

请参阅 [详细设计过程](#)。

8.2.3.2.12 反馈电阻分压器

反馈电阻 R_{FB1} 和 R_{FB2} 可以确定最大升压输出电平。输出电压可按如下方式计算：

$$V_{OUT_MAX} = \left(\frac{V_{BG}}{R_{FB2}} + I_{SEL_MAX} \right) \times R_{FB1} + V_{BG} \quad (29)$$

其中

- $V_{BG} = 1.21V$
- $I_{SEL_MAX} = 38.7\mu A$
- R_{FB1} / R_{FB2} 的正常建议范围为 5~15 (推荐用于 SEPIC 模式)

8.2.3.2.13 设计的关键元件

图 8-7 显示了电路的关键部分：SEPIC 元件、LP8866S-Q1 内部电荷泵（用于栅极驱动器供电）以及 LP8866S-Q1。原理图示例如下所示。

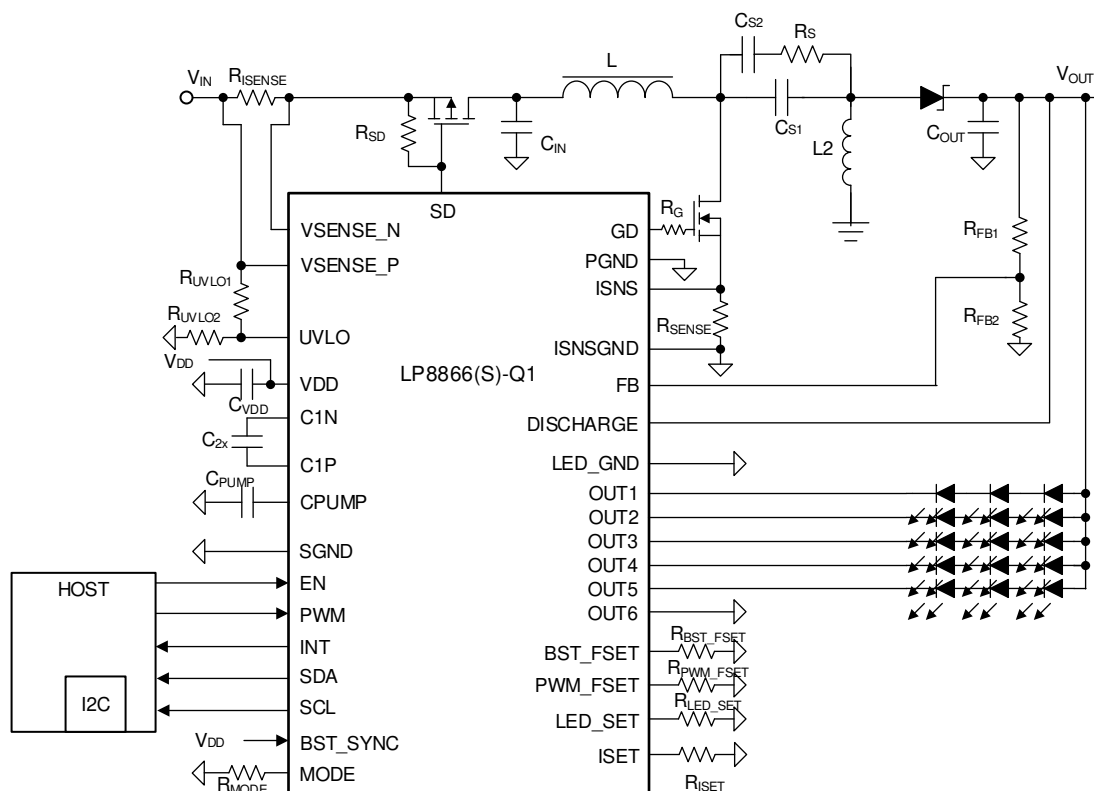


图 8-7. SEPIC 模式，具有三个串联 LED

表 8-7. SEPIC 设计示例的建议元件

参考位号	说明	注释
R _{ISENSE}	20m Ω , 1 W	输入电流检测电阻
R _{SD}	20k Ω , 0.1 W	电源线 FET 栅极上拉电阻
R _{SENSE}	50m Ω , 1 W	升压电流检测电阻器
R _G	15 Ω , 0.1W	用于控制 EMC 的 nMOSFET 上升/下降时间的栅极电阻器
R _{UVLO1}	76.8k Ω , 0.1 W	这些 UVLO 电阻设置将 VIN_UVLO 上升电压设置为 3.75V，将 VIN_UVLO 下降电压设置为 3.35V
R _{UVLO2}	20.5k Ω , 0.1 W	
R _{FB2}	60k Ω , 0.1 W	底部反馈分压电阻器
R _{FB1}	330k Ω , 0.1 W	顶部反馈分压电阻器
R _{BST_FSET}	124k Ω , 0.1 W	升压频率设置电阻器 (2200kHz)
R _{ISET}	38.7k Ω , 0.1W	电流设置电阻器 (每通道 80mA)
R _{PWM_FSET}	4.75k Ω , 0.1 W	输出 PWM 频率设置电阻器 (305Hz PWM 频率)
R _{MODE}	3.92k Ω , 0.1 W	模式电阻器 (具有 0x2B I2C 地址的相移 PWM 模式)
R _{LED_SET}	4.75k Ω , 0.1 W	LED_SET 电阻器 (5 通道配置)
C _{PUMP}	10 μ F、10V 陶瓷电容器	电荷泵输出电容器
C _{2X}	2.2 μ F、10V 陶瓷电容器	飞跨电容器
C _{VDD}	4.7 μ F + 0.1 μ F、10V 陶瓷电容器	VDD 旁路电容器
C _{IN}	1 \times 33 μ F、50V 电解电容器 + 1 \times 10 μ F、50V 陶瓷电容器	升压输入电容器
C _{OUT}	1 \times 33 μ F、50V 电解电容器 + 1 \times 10 μ F、50V 陶瓷电容器	升压输出电容器
C _{S1}	10 μ F、50V 陶瓷电容器	SEPIC 耦合电容器
C _{S2}	33 μ F、50V 电解电容器	SEPIC 耦合电容器
R _S	2 Ω , 0.125W	SEPIC 电阻器
L1	4.7 μ H 饱和电流 3A	SEPIC 电感器
L2	4.7 μ H 饱和电流 3A	SEPIC 电感器
D1	50V 10A 肖特基二极管	SEPIC 肖特基二极管
Q1	60V、25A nMOSFET	SEPIC nMOSFET
Q2	60V、30A pMOSFET	电源线 FET

8.2.3.3 应用曲线

请参阅[应用曲线](#)。

8.3 电源相关建议

LP8866S-Q1 设计为使用汽车电池运行。必须保护 V_{IN} 输入免受 48V 以上的反向电压和电压降情况的影响。输入电源轨的阻抗必须足够低，以确保输入电流瞬态不会导致低于 $V_{IN\ UVLO}$ 电平。如果使用长导线连接输入电源，除了正常的输入电容器外，还需要额外的大容量电容。

V_{DD} 的电压范围为 3V 至 5.5V。陶瓷电容器必须尽量靠近 V_{DD} 引脚放置。升压栅极驱动器由 $CPUMP$ 引脚供电。陶瓷电容器必须尽量靠近 $CPUMP$ 引脚放置。

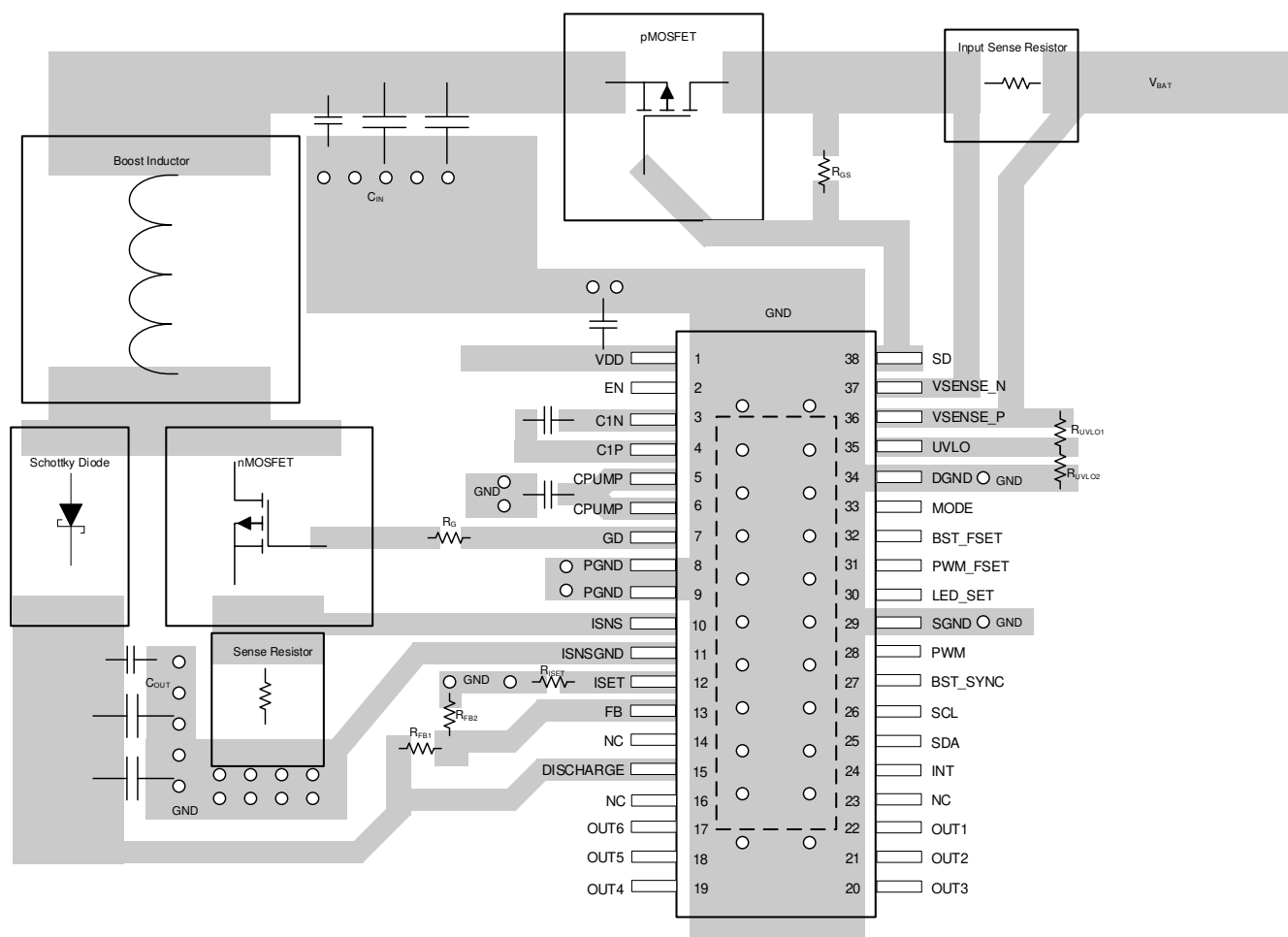
8.4 布局

8.4.1 布局指南

图 8-8 显示了 LP8866S-Q1 的布局建议，用于说明良好布局原理。如果可能，可以根据实际应用布局进行调整。所有升压元件必须彼此靠近并且靠近芯片；高电流布线必须足够宽。 V_{DD} 必须尽可能无噪声。在 V_{DD} 和 GND 引脚附近放置 V_{DD} 旁路电容器。电荷泵电容器、升压输入电容器及升压输出电容器必须具有最靠近 GND 的 VIA。将电荷泵电容器靠近器件放置。指导 PCB 布局设计的要点：

- 需要尽可能减少电流环路：
 - 对于低频，可通过将升压元件尽可能彼此靠近放置来实现最小电流环路。输入电容器和输出电容器接地需要彼此靠近，以尽可能减小电流环路尺寸。
 - 通过确保接地平面在电流迹线下方完好无损，可以实现更程度的高频电流环路。高频返回电流遵循阻抗最小的布线，即环路面积最小的布线，不一定是最短的路径。如果返回电流在接地平面正下方流动，并且接地平面在布线下完好无损，则会形成最小的环路面积。
 - 对于高频，必须考虑铜面积的电容。例如，升压 N-MOSFET 漏极的覆铜区是在电容与元件的冷却能力之间进行权衡的结果。
- GND 平面必须在高电流升压布线下完好无损，从而在高频下提供尽可能短的返回路径和尽可能小的电流环路。
- 在输出电容器不直接从二极管阴极连接之后，将升压输出电压 (V_{OUT}) 连接到 LED 、 FB 引脚和放电引脚。
- FB 网络应尽可能靠近 FB 引脚放置，而不是靠近升压输出
- 可将一个小型旁路电容器 (TI 建议适用一个 39 pF 电容器) 放置在靠近 FB 引脚和 GND 的位置，以抑制高频噪声
- V_{DD} 线路必须与升压转换器的大电流电源路径分离，以防止高频纹波影响芯片行为。
- 建议使用连接至电荷泵输出 $CPUMP$ 的电容器以具有 10 μ F 电容。该电容器必须尽可能靠近 $CPUMP$ 引脚。该电容器为栅极驱动器提供更大的峰值电流，即使电荷泵处于禁用状态，也必须使用该电容器。如果禁用电荷泵，则 V_{DD} 和 $CPUMP$ 引脚必须连接在一起。
- 输入和输出电容器需要低阻抗接地 (宽引线具有多个连接至 GND 平面的过孔)。
- 输入/输出陶瓷电容器具有 DC 偏置效应。如果输出电容过低，则会导致升压在某些负载条件下变得不稳定。直流偏置特性应当从元件制造商处获得；DC 偏置不考虑元件容差。

8.4.2 布局示例



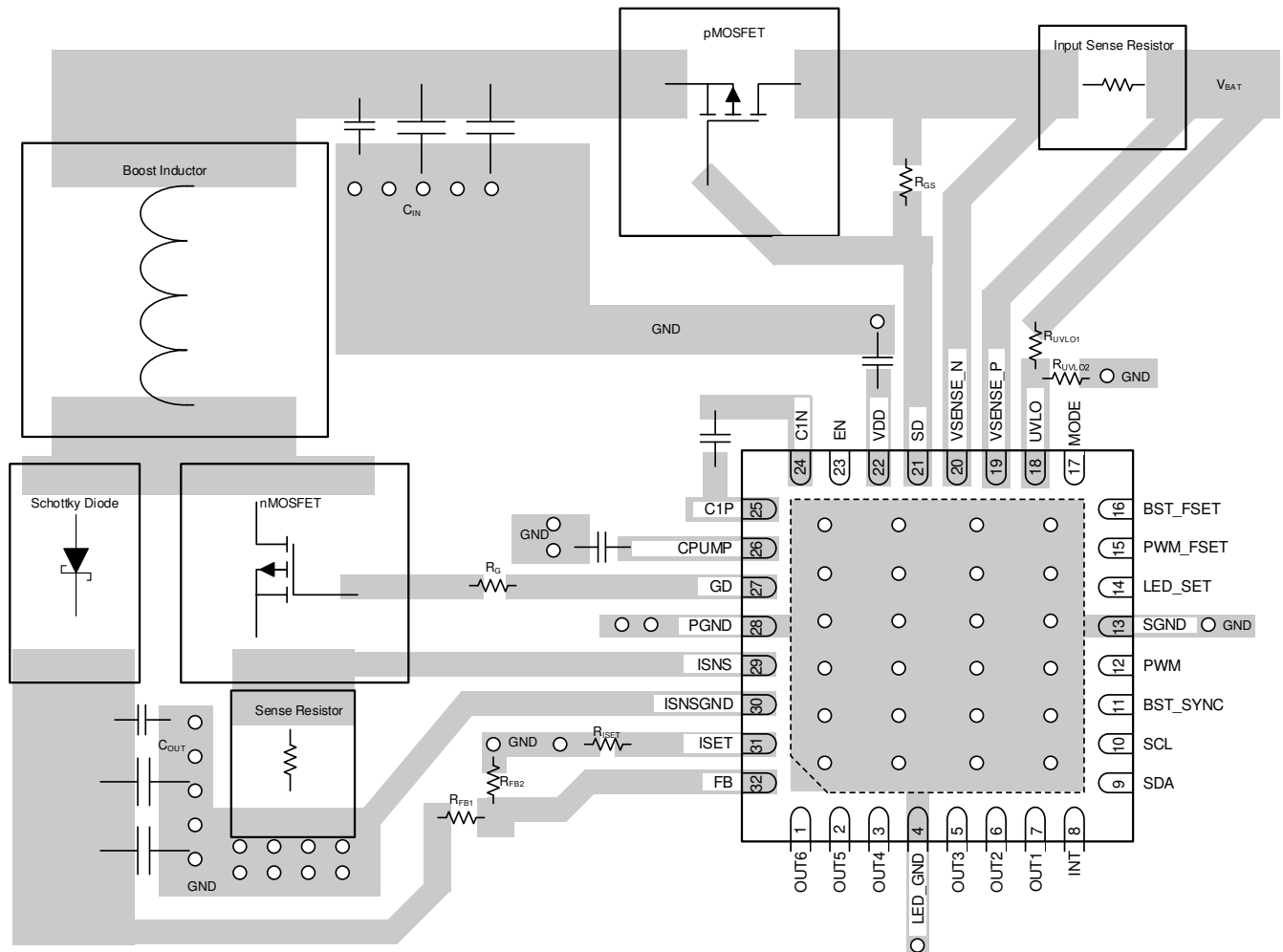


图 8-8. LP8866S-Q1 布局指南

9 器件和文档支持

9.1 器件支持

9.1.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

9.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 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。

9.3 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](#)。

9.4 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。

9.5 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。

9.6 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。

10 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 (April 2024) to Revision C (June 2025)	Page
• 重新添加了缺失的 <i>寄存器映射</i> 部分.....	47

Changes from Revision A (August 2020) to Revision B (April 2024)	Page
• 更新了“电气特性”表.....	7
• 更新了最大升压电压的说明.....	19
• 更新了 PWM 滞后功能的描述.....	33
• 更新了“I2C 写入和 I2C 读取”图.....	44

Changes from Revision * (August 2020) to Revision A (February 2021)	Page
• 向“器件信息”表添加了 QFN 封装选项.....	1
• 增加了 QFN 封装引脚图和引脚功能表.....	3

11 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。

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)
LP8866SQDCPRQ1	Active	Production	HTSSOP (DCP) 38	2000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	LP8866SQ1
LP8866SQDCPRQ1.A	Active	Production	HTSSOP (DCP) 38	2000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	LP8866SQ1
LP8866SQRHBRQ1	Active	Production	VQFN (RHB) 32	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	LP8866S
LP8866SQRHBRQ1.A	Active	Production	VQFN (RHB) 32	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	LP8866S

⁽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
LP8866SQDCPRQ1	HTSSOP	DCP	38	2000	330.0	16.4	6.9	10.2	1.8	12.0	16.0	Q1
LP8866SQRHBRQ1	VQFN	RHB	32	3000	330.0	12.4	5.3	5.3	1.1	8.0	12.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LP8866SQDCPRQ1	HTSSOP	DCP	38	2000	350.0	350.0	43.0
LP8866SQRHBRQ1	VQFN	RHB	32	3000	367.0	367.0	35.0

GENERIC PACKAGE VIEW

RHB 32

VQFN - 1 mm max height

5 x 5, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.

4224745/A

GENERIC PACKAGE VIEW

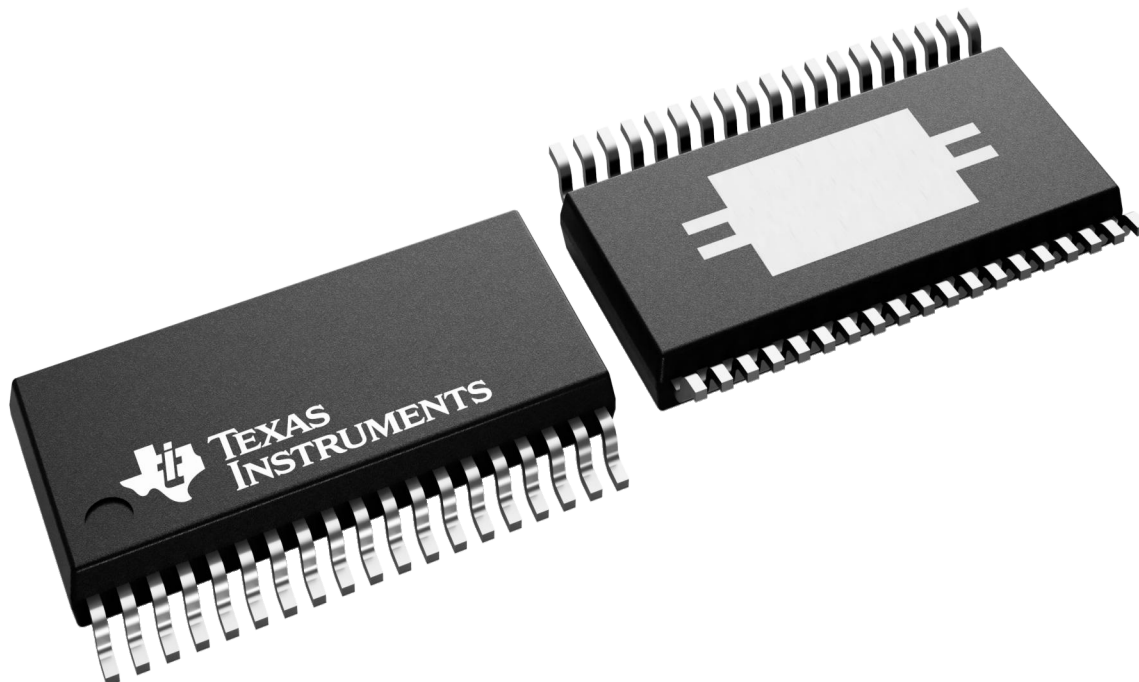
DCP 38

PowerPAD TSSOP - 1.2 mm max height

4.4 x 9.7, 0.5 mm pitch

SMALL OUTLINE PACKAGE

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



4224560/B

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