

平均模式定电流控制之 LED 驱动控制器

(V0.3)

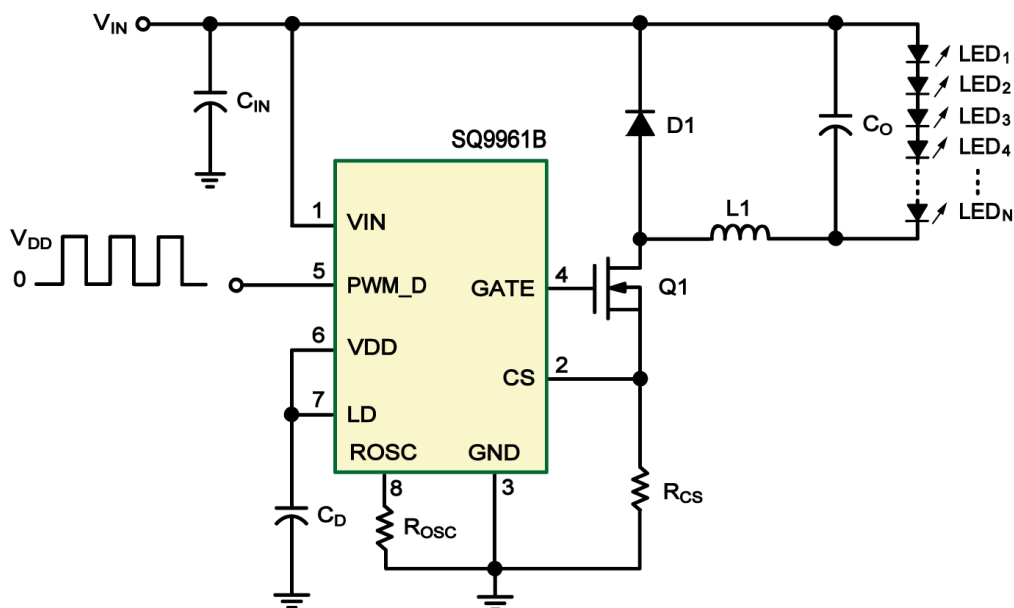
产品特性

- ◆ 与 SQ9910 引脚兼容
- ◆ LED 输出电流变化在 $\pm 3\%$ 以内
- ◆ 快速平均电流控制
- ◆ 可编程恒定关断时间切换通过 ROSC 引脚
- ◆ 输出短路保护 (SCP) 打嗝模式 (Hiccup Mode)
- ◆ 效率大于 90%
- ◆ 通用整流从 85V_{AC} 到 305V_{AC} 输入范围
- ◆ 恒流 LED 驱动器
- ◆ 应用从几毫安到超过一安培输出
- ◆ LED 串从一个到数百个二极管
- ◆ 通过 PWM_D 引脚进行 PWM 低频调光
- ◆ 输入电压浪涌额定值高达 500V
- ◆ 符合 RoHS 标准和无卤素

典型应用

- ◆ AC-DC 或 DC-DC LED 驱动器应用
- ◆ 用于 LCD 显示屏的 LED 背光驱动器
- ◆ 通用恒流源
- ◆ LED 标牌和显示屏
- ◆ 建筑和装饰 LED 照明
- ◆ LED 路灯

应用线路



产品描述

SQ9961B 是一款在恒定关断时间模式下工作的平均电流模式控制 LED 驱动器 IC。与 SQ9910 不同，该控制 IC 不会产生峰均误差，因此可大大提高 LED 电流的精度，线路和负载调节，而无需回路补偿或高端电流检测。LED 输出电流变化在 $\pm 3\%$ 以内。

该器件配有限流比较器，用于打嗝模式输出短路保护。

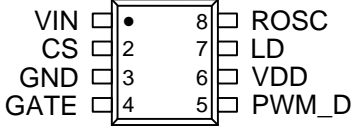
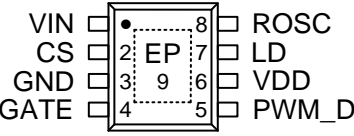
SQ9961B 可以采用 8V_{DC} ~ 500V_{DC} 电源供电。提供 PWM 调光输入，可接受外部控制 TTL 兼容信号。输出电流可通过内部 265mV 基准电压源进行编程，或通过 0 ~ 1.5V 调光输入进行外部控制。

SQ9961B 与 SQ9910 引脚兼容，可用作许多应用的直接替代产品，以提高 LED 电流精度和调节性能。

SQ9961B 允许从 85V_{AC} 至 305V_{AC} 的交流电压源有效操作高亮度 (HB, High-Brightness) LED。LED 串以恒定电流而不是恒定电压驱动，从而提供恒定的光输出和增强的可靠性。输出电流可以在几毫安到超过一安培之间编程。

SQ9961B 采用标准的 8 引脚 SOP 塑料 (SOP-8) 和耐热增强型 ESOP-8 两种封装。

引脚分配和订购信息

封装型式和引脚分配	产品订购码
<p>(顶视图)</p>  <p>SOP-8 8 引脚 SOP 塑性封装</p>	SQ9961BMST
<p>(顶视图)</p>  <p>ESOP-8 8 引脚 ESOP 外露焊垫塑性封装</p>	SQ9961BMPT

最大绝对额定值^(注 1)

VIN 到 GND	-0.5V 到 525V
CS 到 GND	-0.3V 到 ($V_{DD} + 0.3V$)
LD, PWM_D 到 GND	-0.3V 到 ($V_{DD} + 0.3V$)
GATE 到 GND	-0.3V 到 ($V_{DD} + 0.3V$)
外部电压 V_{DD_MAX}	12V
连续功率损耗 ($T_A = 25^\circ C$) ^(注 2)	
8 引脚 SOP (降额 6.3mW/°C 高于 25°C)	0.63W
8 引脚 ESOP (外露焊垫) (降额 9mW/°C 高于 25°C)	1.60W
环境温度 (T_A) 范围	-40°C 到 85°C
结温 (T_J) 范围	-40°C 到 125°C
静电释放 (ESD) 和门锁 (Latch-up) 易感性 ^(注 3)	
人体模式 (HBM) 有对 VIN 引脚	1.0kV
机器模式 (MM) 有对 VIN 引脚	200V
电流触发门锁测试 (I Trigger)	$\pm 400mA$
VIN 引脚过电压触发门锁测试 (V Trigger)	+100V ^(注 3)

注 1. 超过这些最大绝对值等级有可能损坏器件，所有电压都是相对于地面，电流是正极进入，对指定的终端输出。

注 2. 最大允许功率耗散是与最大结点温度 T_{J_MAX} 、结点到环境热阻 θ_{JA} 和环境温 T_A 有关。超过此最大允许功率耗散会引起过高的芯片温度且器件将受到永久损害。

注 3. HBM 测试方法参考 MIL-STD-883G Method 3015.7。MM 测试方法参考 JEDEC EIA/JESD22-A115。门锁测试基于 JEDEC STANDARD EIA/JESD78。+100V 为门锁测试仪器的极限电压。

电气特性

 (除非另有规定，请在推荐条件下工作： $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{IN} = 12\text{V}$ ， $V_{LD} = V_{DD}$ ， $V_{PWM_D} = V_{DD}$)

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
直流输入						
输入直流电源电压范围 ^(注4)	V_{IN_DC}	8	--	500	V	直流输入电压 ^(注5)
工作模式下的静态电流	I_Q	--	0.7	1.0	mA	PWM_D 脚接 VDD 脚 ^(注5)
关机模式下的静态电流	I_{INSD}	--	0.4	0.7	mA	PWM_D 脚接地 ^(注5)
内部调节器						
芯片内部输出稳压电源	V_{DD}	7.25	7.50	7.75	V	$V_{IN} = 8\text{V}$ ， $I_{DD_EXT} = 0\text{mA}$ ， GATE 引脚连接 500pF， $R_{OSC} = 226\text{k}\Omega$ ， $V_{PWM_D} = V_{DD}$
线路调节 V_{DD}	ΔV_{DD_LINE}	0	--	1.0	V	$V_{IN} = 8\text{V}$ 至 500V ， $I_{DD_EXT} = 0\text{mA}$ ， GATE 引脚连接 500pF， $R_{OSC} = 226\text{k}\Omega$ ， $V_{PWM_D} = V_{DD}$
负载调节 V_{DD}	ΔV_{DD_LOAD}	--	--	100	mV	$I_{DD_EXT} = 0\text{mA}$ 至 1.0mA ， GATE 引脚连接 500pF， $R_{OSC} = 226\text{k}\Omega$ ， $V_{PWM_D} = V_{DD}$
VDD 的欠压锁定 (UVLO) 阈值	V_{UVLO}	6.0	6.4	6.8	V	输入 V_{IN} 电压上升 ^(注5)
VDD 的欠压锁定滞后	ΔV_{UVLO}	--	0.5	--	V	输入 V_{IN} 电压下降
最大输入电流 (受 UVLO 限制) ^(注6)	I_{IN_MAX}	3.5	--	--	mA	$V_{IN} = 8\text{V}$ ， $T_A = 25^\circ\text{C}$
		1.5	--	--	mA	$V_{IN} = 8\text{V}$ ， $T_A = 125^\circ\text{C}$
PWM 调光						
PWM_D 脚输入低电压	V_{EN_LO}	--	--	0.8	V	$V_{IN} = 8\text{V} \sim 500\text{V}$ ^(注5)
PWM_D 脚输入高电压	V_{EN_HI}	2.0	--	--	V	$V_{IN} = 8\text{V} \sim 500\text{V}$ ^(注5)
PWM_D 脚下拉电阻	R_{PWM_D}	50	100	150	k Ω	$V_{PWM_D} = 5\text{V}$
平均电流检测逻辑						
电流检测阈值电压	V_{CS}	253	265	277	mV	
LD 与 CS 的电压比	A_{V_LD}	0.169	0.177	0.185		

电气特性 (续)

(除非另有规定，请在推荐条件下工作： $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{IN} = 12\text{V}$ ， $V_{LD} = V_{DD}$ ， $V_{PWM_D} = V_{DD}$)

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
使能输入电压	V_{LD_ON}	--	200	--	mV	V_{LD} 上升
LD 关闭输入电压	V_{LD_OFF}	--	150	--	mV	V_{LD} 下降
电流感应消隐间隔 ^(注 5)	t_{BLANK}	150	215	280	ns	
最短导通时间	t_{ON_MIN}	--	--	1000	ns	$V_{CS1} = V_{CS} + 30\text{mV}$
最大稳态占空比	D_{MAX}	75	--	--	%	输出 LED 电流的减少可能发生在该占空比之外
短路保护						
打嗝阈值电压	V_{CS_SCP}	430	455	480	mV	
从 CS 到 GATE 的电流限制延迟	t_{DELAY}	--	--	150	ns	$V_{CS} = V_{CS_SCP} + 30\text{mV}$
短路打嗝时间	t_{HICCUP}	330	395	460	μs	
短路时的最短导通时间	$t_{ON_MIN_SCP}$	--	--	430	ns	$V_{CS} = V_{DD}$
t_{OFF} 计时器						
关闭时间	t_{OFF_1M}	32	40	48	μs	$R_{OSC} = 1\text{M}\Omega$
	t_{OFF_226K}	8	10	12	μs	$R_{OSC} = 226\text{k}\Omega$
栅极驱动器						
GATE 流动电流	I_{SOURCE}	165	200	--	mA	$V_{DD} = 7.5\text{V}$ ， $V_{GATE} = 0\text{V}$
GATE 下沉电流	I_{SINK}	165	200	--	mA	$V_{DD} = 7.5\text{V}$ ， $V_{GATE} = V_{DD}$
GATE 输出上升时间	t_R	--	30	50	ns	$V_{DD} = 7.5\text{V}$ ， $C_{GATE} = 500\text{pF}$
GATE 输出下降时间	t_F	--	30	50	ns	$V_{DD} = 7.5\text{V}$ ， $C_{GATE} = 500\text{pF}$

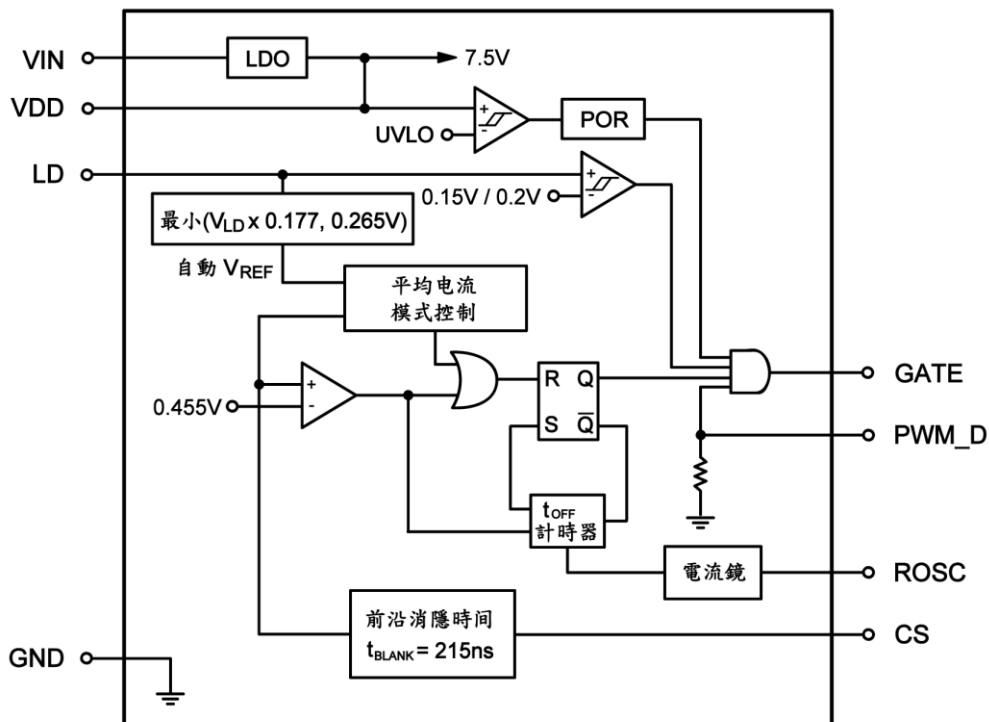
注 4. 也受封装功率限制限制，以较低者为准。

注 5. 表示适用于 $-40^\circ\text{C} < T_A < 125^\circ\text{C}$ 的整个工作环境温度范围的规范。

注 6. 规格是通过表征获得的，不是 100% 测试的。

引脚功能

引脚	引脚名称	引脚功能
1	VIN	输入电压引脚。直流输入电源电压。
2	CS	电流检测输入引脚。感应 LED 串电流。
3	GND	接地引脚。器件接地。
4	GATE	栅极驱动器输出引脚。驱动外部 MOSFET 的栅极。
5	PWM_D	PWM 调光输入引脚。低频 PWM 调光引脚，也可以使能输入。
6	VDD	内部/外部电源电压引脚。内部调节的电源电压。SQ9961B 的标称值为 7.5V。该引脚可为外部电路提供高达 1.0mA 的电流。当整流的 AC 输入接近零交叉时，使用足够的存储电容器来提供存储。
7	LD	线性调光输入引脚。该引脚是线性调光输入，只要此引脚的电压低于 1.5V，它就会设置电流检测阈值。如果 LD 的电压低于 150mV，则 GATE 无输出讯号。GATE 信号在 LD 引脚 200mV 恢复正常。
8	ROSC	关断时间控制引脚。连接在该引脚和 GND 之间的电阻可编程 GATE 关断时间。
9	EP	外露垫 (封装底部)。该焊盘必须焊接到大型 PCB 上，并直接连接到 GND，以实现最大的散热。

功能方框图


应用信息

概述

降压转换器的峰值电流控制 (如 SQ9910) 是调节输出电流的最经济, 最简单的方法。然而, 它受到由所谓的峰值平均电流误差引起的精度和调节问题, 这是由输出电感器中的电流纹波和电流检测比较器中的传播延迟引起的。当控制开关参考相同的地电位时, 完整的电感器电流信号不可用于降压转换器中的地电位的直接感测, 因为控制开关仅导通很短的时间。虽然检测开关中的峰值电流非常简单, 但通常通过从 $+V_{IN}$ 转换感应信号的电平来实现控制平均电感电流。虽然这对于相对低的输入电压 V_{IN} 是实用的, 但是这种类型的平均电流控制在离线 AC 或其他高压 DC 应用中可能变得过于复杂和昂贵。

SQ9961B 采用平均模式恒定电流控制方案, 通过仅检测开关电流, 实现对降压电感器中平均电流的快速且非常精确的控制。不需要补偿电流控制回路。对 PWM_D 输入的 LED 电流响应类似于 SQ9961B。电感器电流纹波幅度不会显著影响该控制方案, 因此, LED 电流与电感, 开关频率或输出电压的变化无关。降压转换器的恒定关断时间控制用于稳定性并改善在宽输入电压范围内的 LED 电流调节。(请注意, 与 SQ9910 不同, SQ9961B 不支持恒定频率操作模式。)

当控制电压施加到 LD 引脚时, SQ9961B 还可以通过编程 LED 驱动器的连续输出电流 (所谓的线性调光) 来控制 LED 的亮度。

SQ9961B 采用标准 8 引脚 SOIC 和 SOIC-EP 封装。

SQ9961B 内置高压线性稳压器, 为所有内部电路供电, 也可作为低压和低功耗外部电路的偏压电源。

OFF 计时器

连接到 ROSC 引脚的定时电阻 (R_{OSC}) 决定了栅极驱动器的关断时间, 并且必须连接到 GND。(不再支持将此电阻连接到 GATE, 与 SQ9910 一样。) 控制 GATE 输出关闭时间的公式如下:

$$t_{OFF} = \frac{R_{OSC}}{25} + 0.3 \quad (1)$$

其中 t_{OFF} 单位是 μs 。 R_{OSC} 单位为 $k\Omega$, 在 $30k\Omega \sim 1M\Omega$ 范围内。

平均电流控制反馈

通过开关 MOSFET 源的电流被平均并用于提供恒定电流反馈。使用 CS 引脚上的检测电阻检测该电流。反馈以快速开放回路模式运行。无需补偿。输出电流编程简

单如下:

$$I_{LED} = \frac{0.265}{R_{CS}} \quad (2)$$

当 LD 输入电压 $V_{LD} \geq 1.5V$ 时。除此以外:

$$I_{LED} = \frac{V_{LD} \times 0.177}{R_{CS}} \quad (3)$$

上述等式仅适用于输出电感的连续导通。设计电感是一种很好的做法, 使其中的开关纹波电流为其平均峰对峰值, 满载, 直流电流的 30% ~ 40%。因此, 推荐的电感可以计算为:

$$L1 = \frac{V_{LED_MAX} \times t_{OFF}}{0.4 \times I_{LED}} \quad (4)$$

电流控制反馈的占空比范围限制为 $D \leq 0.75$ 。当 LED 串电压 V_{LED} 大于 SQ9961B LED 驱动器的输入电压 V_{IN} 的 75% 时, 可能发生 LED 电流的减小。

降低输出 LED 电压 V_{LED} 以下

$$V_{LED_MIN} = V_{IN} \times D_{MIN} \quad (5)$$

其中

$$D_{MIN} = \frac{1.0\mu s}{t_{OFF} + 1.0\mu s} \quad (6)$$

这种情况也可能导致 LED 电流的调节失去。然而, 这种情况导致 LED 电流增加并且可能使短路保护比较器错误触发动作。SQ9961B LED 驱动器的典型输出特性如图 1 所示。相应的 SQ9910 特性用于比较。

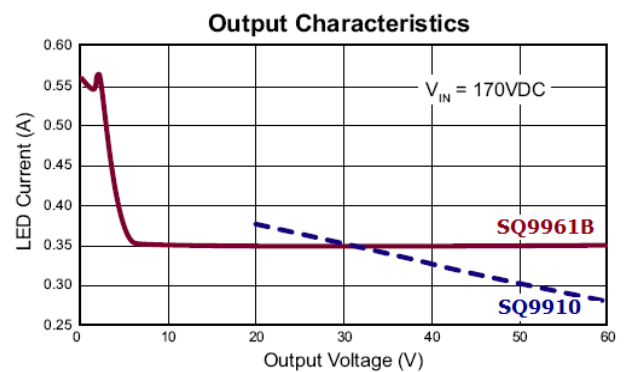


图 1. SQ9961B LED 驱动器的典型输出特性

输出短路保护

当 CS 上的电压超过 0.455V 时，短路保护比较器触发动作。当发生这种情况时，产生 GATE 关断时间 $t_{HI\text{CCUP}} = 395\mu\text{s}$ 以防止电感器电流的阶梯外壳并且可能由于输出电压不足而导致其饱和。典型的短路电流如图 2 的波形所示。

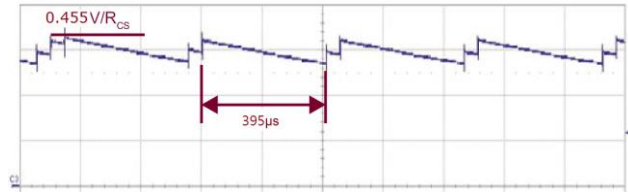


图2. 短路电感电流

CS 提供前沿消隐延迟，以防止误触发电流反馈和短路保护。

线性调光

当 LD 上的电压低于 1.5V 时，内部 265mV 参考恒定电流反馈将被 $(V_{LD} \times 0.177)$ 覆盖。只要电感器中的电流保持连续，LED 电流由上面的等式 (3) 给出。但是，当 V_{LD} 低于 150mV 时，GATE 输出将被关闭，无输出讯号。当 V_{LD} 超过 200mV 时，GATE 信号恢复。在某些应用中，这需要能够通过控制亮度的相同信号输入关闭 LED 灯。典型的线性调光响应如图 3 所示。

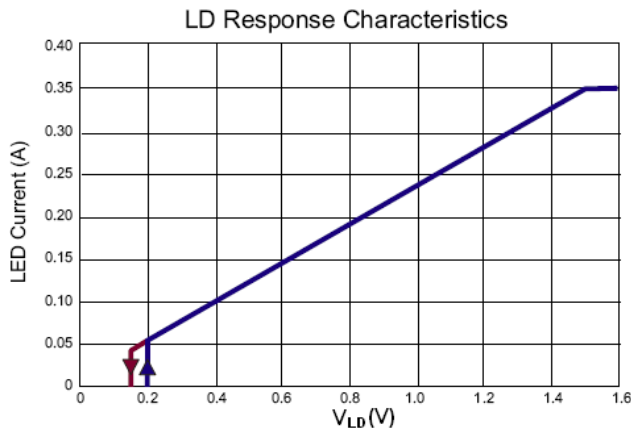


图3. SQ9961B LED 驱动器的典型线性调光响应

线性调光输入也可用于“混合模式”调光，以扩大调光比。在这种情况下，应在 LD 处施加测量幅度低于 1.5V 的脉冲宽度调制信号。

输入电压线性稳压器

SQ9961B 可通过其 V_{IN} 输入直接从 $8V_{DC} \sim 500V_{DC}$ 电源供电。当此电压施加在 V_{IN} 引脚时，SQ9961B 在 VDD 引脚处保持恒定的 7.5V 电位。该电压可用于为 IC 和连接到 VDD 的外部电路供电，在额定最大电流或封

装的热额定值范围内，无论哪个极限较低。必须通过低 ESR (等效串联电阻) 电容旁路 VDD 引脚，为 GATE 输出的高频电流提供低阻抗路径。SQ9961B 也可以通过 VDD 引脚直接供电，其电压大于内部调节的 7.5V，但小于 8V。

尽管额定瞬时电压为 500V，但 V_{IN} 的连续电压受到封装中功耗的限制。例如，当 SQ9961B 从 V_{IN} 输入吸收 $I_{IN} = 2.0\text{mA}$ ，并使用 8 引脚 SOIC 封装时， V_{IN} 的最大连续电压限制为：

$$V_{IN_MAX} = \frac{T_{J_MAX} - T_A}{\theta_{JA} \times I_{IN}} \quad (7)$$

$$\approx 378\text{V}$$

其中环境温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，最大工作结温 $T_{J_MAX} = 150^\circ\text{C}$ ，结点至环境热阻 $\theta_{JA} = 165^\circ\text{C/W}$ 。

在这种情况下，当需要从更高的电压操作 SQ9961B 时，可以在 V_{IN} 输入端串联一个电阻或齐纳二极管，以转移 SQ9961B 的部分功率损耗。在上面的例子中，使用 100V 齐纳二极管将使电路工作在 478V。从 V_{IN} 引脚汲取的输入电流由以下公式表示：

$$I_{IN} \approx 1.0\text{mA} + Q_G \times f_{OSC} \quad (8)$$

在上面的等式中， f_{OSC} 是开关频率， Q_G 是从制造商的数据表获得的外部 MOSFET 的 GATE 电荷。

GATE 驱动器输出

SQ9961B 的 GATE 输出用于驱动外部 MOSFET。对于开关频率 $\leq 100\text{kHz}$ ，建议外部 MOSFET 的栅极电荷 Q_G 小于 25nC，对于 $> 100\text{kHz}$ 的开关频率，建议小于 15nC。

PWM 调光

由于 SQ9961B 的平均电流控制回路的快速开环响应，其 PWM 调光性能几乎与 SQ9910 相当。电感电流波形比较如图 4 所示。

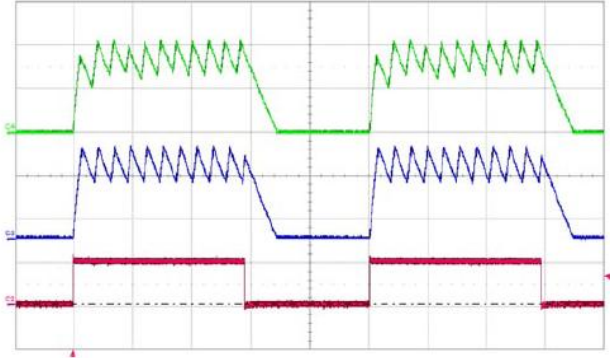


图4. SQ9961B LED 驱动器的典型 PWM 调光响应

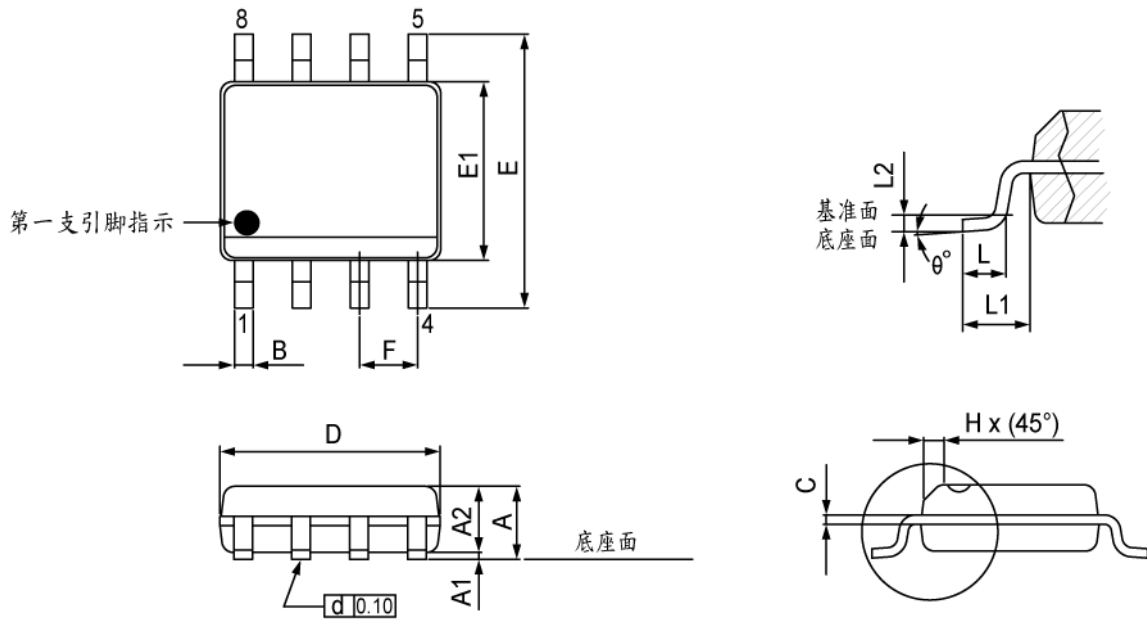
[CH2 (红) : PWM_D ; CH4 (绿) : 电感电流 ; CH3 (蓝) : 与 SQ9910 相同以进行比较]

上升沿和下降沿受到电感中电流压摆率的限制。当 CS 引脚达到 265mV ($V_{LD} \times 0.177$) 电平时，第一个开关周期终止。无论开关频率如何，电路在 3 ~ 4 个开关周期内进一步达到稳态。



封装外形尺寸

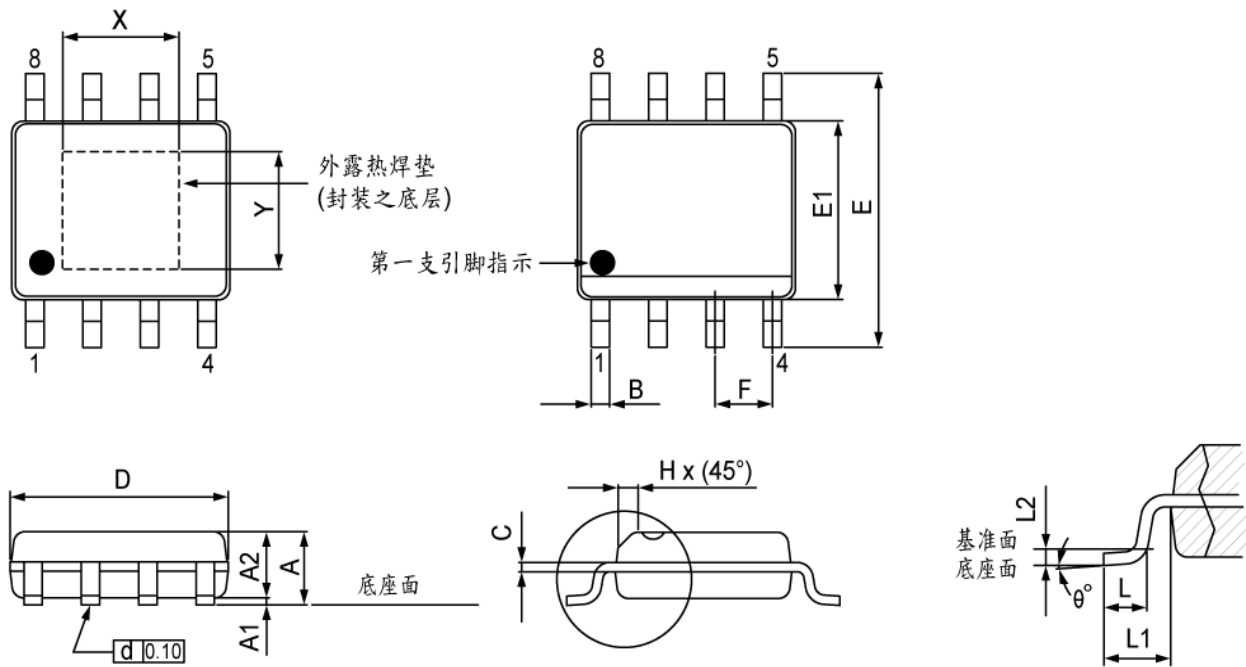
(1). SOP-8 : 8 引线 SOP 塑性封装



符号	尺寸以毫米表示		尺寸以英寸表示	
	最小	最大	最小	最大
A	--	1.750	--	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.250	--	0.049	--
B	0.310	0.510	0.012	0.020
C	0.170	0.250	0.007	0.010
D	4.900 BSC		0.193 BSC	
E	6.000 BSC		0.236 BSC	
E1	3.900 BSC		0.154 BSC	
F	1.270 BSC		0.050 BSC	
H	0.250	0.500	0.010	0.020
L	0.400	1.270	0.016	0.050
L1	1.040 REF		0.041 REF	
L2	0.250 BSC		0.010 BSC	
θ°	0	8	0	8





(2). ESOP-8 : 8 引线 SOP 外露焊垫 (散热器) 塑性封装



符号	尺寸以毫米表示		尺寸以英寸表示	
	最小	最大	最小	最大
A	--	1.750	--	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.250	--	0.049	--
B	0.310	0.510	0.012	0.020
C	0.170	0.250	0.007	0.010
D	4.900 BSC		0.193 BSC	
E	6.000 BSC		0.236 BSC	
E1	3.900 BSC		0.154 BSC	
F	1.270 BSC		0.050 BSC	
H	0.250	0.500	0.010	0.020
L	0.400	1.270	0.016	0.050
L1	1.040 REF		0.041 REF	
L2	0.250 BSC		0.010 BSC	
θ°	0	8	0	8
X	2.186	2.386	0.086	0.094
Y	2.186	2.386	0.086	0.094

印字标示信息

SOP-8	ESOP-8
	

A: 封装厂代码, YY: 生产年份, WW: 生产周期

包装方式信息

产品订购码	封装类型	包装数量			
		颗/卷带	卷带/盒	盒/箱	颗/箱
SQ9961BMST	SOP-8	3,000	2	5	30,000
SQ9961BMPT	ESOP-8	3,000	2	5	30,000

昌旻科技股份有限公司 (简称昌旻科技) 保留更改其数据表和/或产品或在不通知的情况下停止任何集成电路产品或服务的权利, 并建议客户获取最新版本的相关信息, 以便在下订单前核实可信赖的信息是当前和完整的。任何产品均按照订单确认时提供的销售条款和条件进行销售, 包括有关保固, 专利侵权和责任限制的条款和条件。

昌旻科技保证其产品符合销售时适用的规格, 符合昌旻科技的标准保固条款。昌旻科技认为有必要使用测试和其他质量控制技术来支持此保固。除了政府要求规定的以外, 不一定要执行每个组件所有参数的特定测试。

客户承认, 昌旻科技产品的设计, 制造, 预期, 授权或保证不适用于任何系统或产品, 用于与生命支持或其他危险活动或昌旻科技产品故障可能导致的环境涉及死亡, 人身伤害或严重财产或环境损害的潜在风险 (“高风险活动”)。昌旻科技在此不承担所有担保责任, 昌旻科技对客户或任何第三方不承担与使用昌旻科技产品有关的任何高风险活动的责任。

昌旻科技可提供给客户的任何支持, 协助, 推荐或信息 (包括但不限于关于客户电路板或其他应用程序的设计, 开发或调试) 均按“原样”提供。昌旻科技并未就此类支持做出任何担保, 并因此声明不承担任何担保责任, 包括但不限于适销性或适用于特定用途的任何担保, 以及任何担保此类支持准确无误或该客户电路板或其他应用程序将运作或功能。在客户使用或依赖此类支持方面, 昌旻科技根据任何法律理论对客户不承担任何责任。

昌旻科技股份有限公司版权所有 © 2018