

SM16159

概述

SM16159 是 LED 高密全彩屏专用驱动芯片，内置 16K 的 SRAM 存储结构，能够存储一帧完整显示数据，支持 1~32 扫 LED 显示屏整帧数据存储及显示。此方式降低了数据时钟频率，并可实现高灰阶效果。

SM16159 内建 16 位灰阶控制的脉冲宽度调变功能，16 个恒流输出通道所输出的电流值不受输出端负载电压的影响并提供一致且恒定的输出电流。可通过选用外接电阻或调节 6 位电流增益来调整整体 LED 的驱动电流。

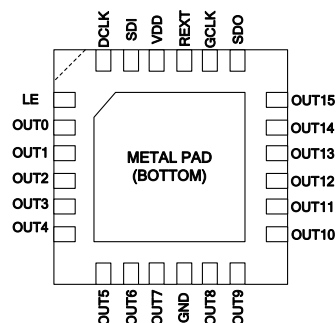
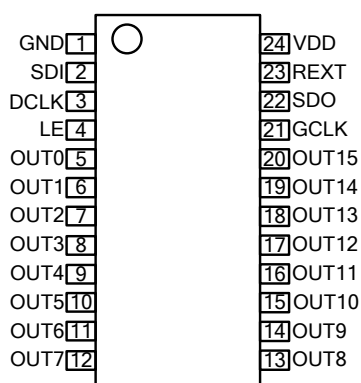
特点

- ◆ 内置 64 级电流增益调节功能
- ◆ 内置 16k SRAM，支持 1~32 扫
- ◆ 行扫倍频技术，刷新率提升 2/4/8 倍
- ◆ 内置开路检测功能，解决开路“十字架”问题
- ◆ 内置列下消影功能
- ◆ 内置偏色、低灰麻点、第一扫偏暗改善功能
- ◆ 16 位 PWM 灰阶控制可调显示刷新率 SM_PWM 专利技术
- ◆ 工作电压：3.3V~5.0V
- ◆ 输出恒流范围：
0.6~32mA@VDD=5.0V；0.6~24mA@VDD=3.3V
- ◆ 输出电流精度：
通道间偏差：<±2.0%(最大值)
芯片间偏差：<±2.5%(最大值)

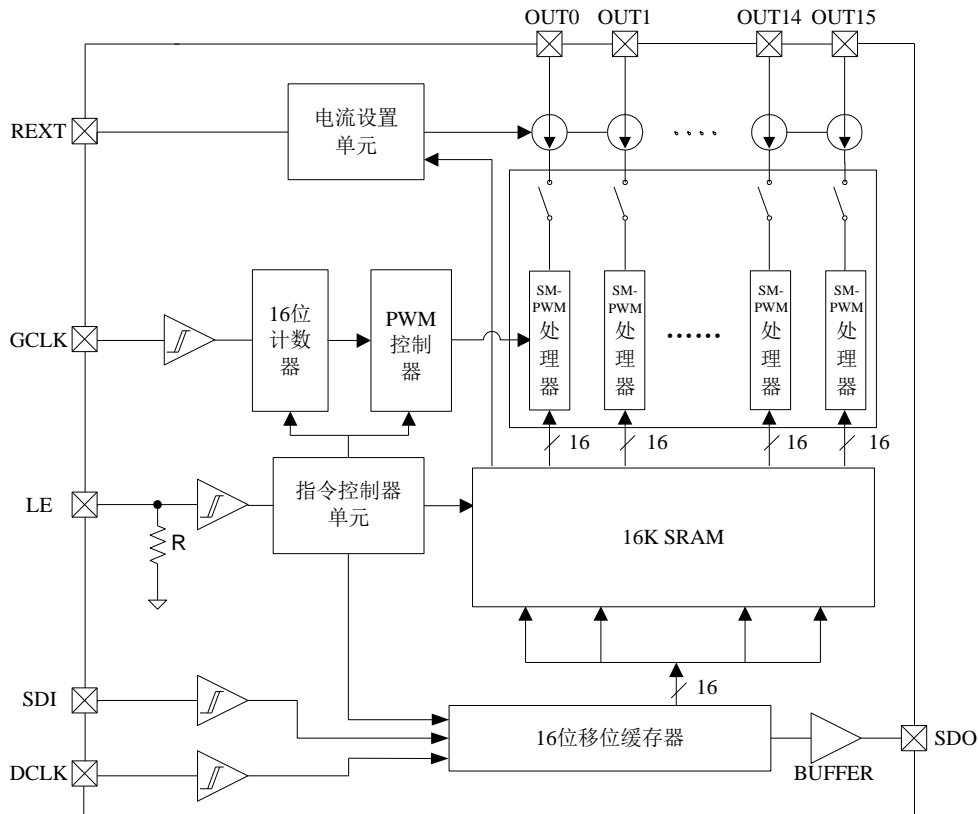
封装信息

产品名称	封装形式	塑封体尺寸 (mm)	脚间距 (mm)
SM16159S	QSOP24	8.65*3.9*1.4	0.635
SM16159N	QFN24(4*4)	4.0*4.0*0.85	0.5

管脚定义



内部功能框图



管脚说明

名称	功能说明
GND	控制逻辑及驱动电流的接地端
SDI	串行数据输入端
DCLK	串行时钟信号的输入端；时钟上升沿时移位数据
LE	数据锁存控制端。配合 DCLK 下达控制指令
OUT0~OUT15	恒流输出端
GCLK	灰阶时钟信号输入端；灰阶显示是通过灰阶时钟和灰度数据的共同作用来调节脉冲宽度
SDO	串行数据输出端；可接至下一个芯片的 SDI 端口
REXT	连接外接电阻的输入端；此外接电阻可设定所有输出通道的输出电流
VDD	芯片电源

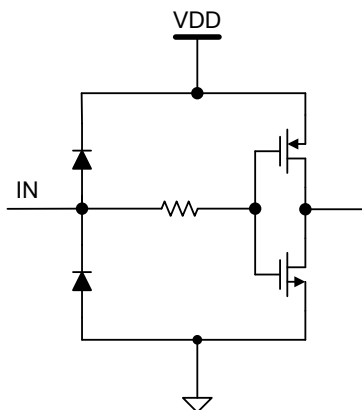


订购信息

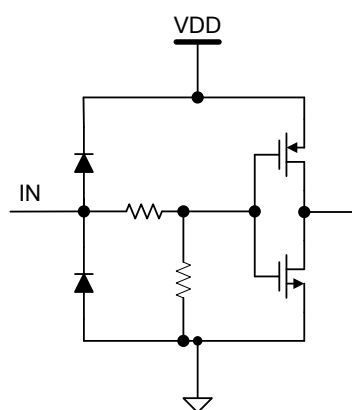
订购型号	封装形式	包装方式		卷盘尺寸
		管装	编带	
SM16159S	QSOP24	100000 颗/箱	4000 颗/盘	13 寸
SM16159N	QFN24(4*4)	/	5000 颗/盘	13 寸

输出及输入等效电路

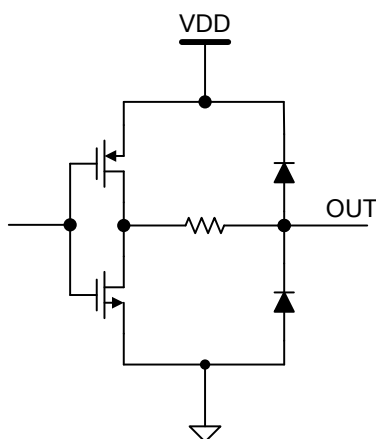
GCLK, DCLK, SDI 输入端



LE 输入端



SDO 输出端



最大限定范围

特性	代表符号	最大限定范围	单位
电源电压	V_{DD}	0~7.0	V
输入端电压	V_{IN}	-0.4~ V_{DD} +0.4V	V
输出端电流	I_{OUT}	+36	mA
输出端承受电压	V_{DS}	-0.5~+16	V
时钟频率	F_{GCLK}	33	MHz
	F_{DCLK}	30	
工作结温	T_{opr}	-40~+150	°C
存储温度	T_{stg}	-55~+150	°C

静态特性 (V_{DD}=5.0V, T_a=25℃)

特性	代表符号	测量条件		最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	V _{DD}	—		4.5	5.0	5.5	V
OUT 端口输出电流	I _{OUT}	V _{DD} =5V, OUT 端口开启		0.6	-	32	mA
SDO 端口驱动电流	I _{OH}	V _{DD} =5.0V		-	-21	-	mA
	I _{OL}			-	22	-	mA
SDI 输入翻转电平	V _{IH}	V _{DD} =5.0V		0.7*V _{DD}	-	-	V
	V _{IL}			-	-	0.3*V _{DD}	V
OUT 输出端漏电流	I _{leakage}	V _{DS} =16V, OUT端口关闭		-	-	0.5	uA
SDO 输出端电压	V _{OL}	I _{OL} =+1mA		-	-	0.4	V
	V _{OH}	I _{OH} =-1mA		4.6	-	-	V
输出端电流 1	I _{OUT1}	V _{DS} =1V	R _{EXT} = 820Ω	-	17	-	mA
输出电流误差	d _{IOUT1}	I _{OUT1} =17mA V _{DS} =1.0V	片内	-	±2.0%	-	
			片间	-	±2.5%	-	
输出端电流 2	I _{OUT2}	V _{DS} =1.0V	R _{EXT} = 3KΩ	-	3.0	-	mA
输出电流误差	d _{IOUT2}	I _{OUT2} =3.0mA V _{DS} =1.0V	片内	-	±2.0%	-	
			片间	-	±2.5%	-	
输出电流误差/V _{DS} 变化量	%/ΔV _{DS}	V _{DS} =1.0V~3.0V, Iout=20mA		-	±0.5	±1.0	%/V
输出电流误差/V _{DD} 变化量	%/ΔV _{DD}	V _{DD} =4.5V~5.5V		-	±1.0	±2.0	%/V
Pull-down 电阻	R _{IN(down)}	LE		-	200	-	KΩ
IC 工作电流	I _{DD1}	Rext 悬空		-	4.5	-	mA
	I _{DD2}	Rext = 3KΩ, IOUT OFF		-	6.0	-	



静态特性 (V_{DD}=3.3V, Ta=25℃)

特性	代表符号	测量条件		最小值	一般值	最大值	单位
电源电压	V _{DD}	—		-	3.3	-	V
OUT 端输出端电流	I _{OUT}	参考直流特性的测试电路		0.6	-	24	mA
SDO 输出驱动电流	I _{OH}	VDD=5.0V		-	-18	-	mA
	I _{OL}			-	19	-	mA
SDI 输入翻转电平	V _{IH}	VDD=5.0V		0.7*VDD	-	-	V
	V _{IL}			-	-	0.3*VDD	V
OUT 端输出端漏电流	I _{leakage}	OUT端口关闭, V _{DS} =16V		-	-	0.5	uA
SDO 输出端电压	V _{OL}	I _{OL} =+1mA		-	-	0.3	V
	V _{OH}	I _{OH} =-1mA		3.0	-	-	V
输出端电流 1	I _{OUT1}	V _{DS} =1V	R _{EXT} = 820Ω	-	17	-	mA
输出电流误差	d _{IOUT1}	I _{OUT1} =17mA V _{DS} =1.0V	片内	-	±2.0%	-	
			片间	-	±2.5%	-	
输出端电流 2	I _{OUT2}	V _{DS} =1V	R _{EXT} = 3KΩ	-	3.0	-	mA
输出电流误差	d _{IOUT2}	I _{OUT2} =3.0mA V _{DS} =1.0V	片内	-	±2.0%	-	
			片间	-	±2.5%	-	
Pull-down 电阻	R _{IN(down)}	LE		-	200	-	KΩ
IC 工作电流	I _{DD1}	Rext 悬空		-	4.0	-	mA
	I _{DD2}	Rext = 3KΩ, IOUT OFF		-	5.5	-	



动态特性 (V_{DD}= 5.0V)

特性		代表符	测量条件	最小值	一般值	最大值	单位
建立时间	SDI —— DCLK↑	t _{SU0}	V _{DD} =5.0V V _{IH} =V _{DD} V _{IL} =GND R _{ext} =820Ω V _{LED} =4.5V R _L =200Ω C ₁ =100nF C ₂ =10uF C _L =10pF C _{SDO} =10pF	1	-	-	ns
	LE↑ —— DCLK↑	t _{SU1}		1	-	-	
	LE↓ —— DCLK↑	t _{SU2}		5	-	-	
保持时间	DCLK↑ —— SDI	t _{H0}		3	-	-	ns
	DCLK↑ —— LE↓	t _{H1}		6	-	-	
延迟时间 (有效沿到高电平)	GCLK —— OUT	t _{PLH1}		-	30	-	ns
	DCLK —— SDO	t _{PLH2}		-	28	-	
	LE —— SDO	t _{PLH3}		-	32	-	
延迟时间 (有效沿到低电平)	GCLK —— OUT	t _{PLH1}		-	32	-	ns
	DCLK —— SDO	t _{PLH2}		-	26	-	
	LE —— SDO	t _{PLH3}		-	32	-	
电流输出上升沿时间		t _{OR}		-	30	-	ns
电流输出下降沿时间		t _{OF}	-	28	-		
数据时钟频率		F _{DCLK}	-	-	30	MHz	
灰阶时钟频率		F _{GCLK}	-	-	33	MHz	



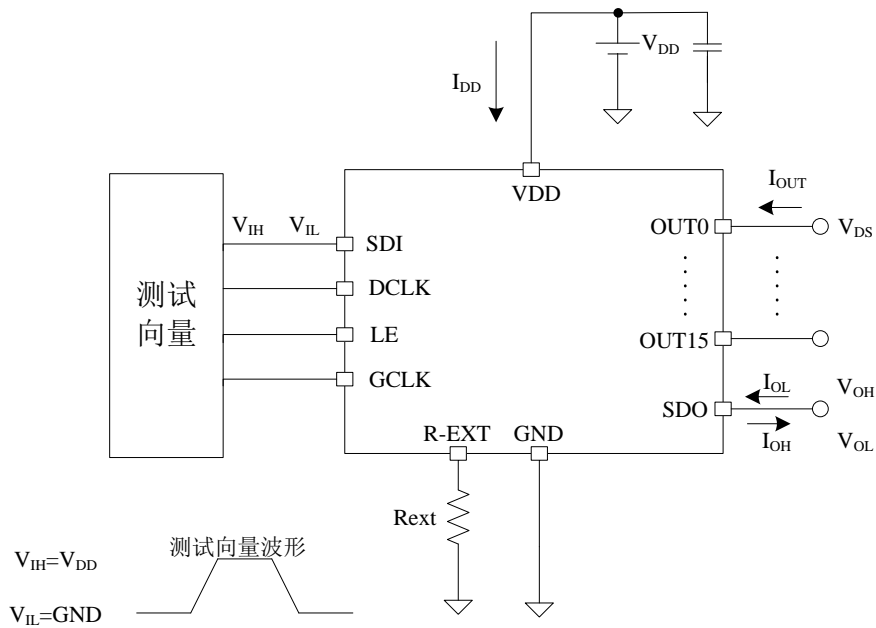
动态特性 (V_{DD}=3.3V)

特性		代表符	测量条件	最小值	一般值	最大值	单位
建立时间	SDI —— DCLK↑	t _{SU0}	V _{DD} =3.3V V _{DS} =1.0V V _{IH} =V _{DD} V _{IL} =GND R _{ext} =820Ω V _{LED} =2.7V R _L =100Ω C ₁ =100nF C ₂ =10uF C _L =10pF C _{SDO} =10pF	1	-	-	ns
	LE↑ —— DCLK↑	t _{SU1}		1	-	-	
	LE↓ —— DCLK↑	t _{SU2}		5	-	-	
保持时间	DCLK↑ —— SDI	t _{H0}		3	-	-	ns
	DCLK↑ —— LE↓	t _{H1}		7	-	-	
延迟时间 (有效沿到高电平)	GCLK —— OUT	t _{PLH0}		-	28	-	ns
	DCLK —— SDO	t _{PLH1}		-	40	-	
	LE —— SDO*	t _{PLH2}		-	32	-	
延迟时间 (有效沿到低电平)	GCLK —— OUT	t _{PHL0}		-	32	-	ns
	DCLK —— SDO	t _{PHL1}		-	40	-	
	LE —— SDO*	t _{PHL2}	-	32	-		
电流输出上升沿时间		t _{OR}	-	23	-	ns	
电流输出下降沿时间		t _{OF}	-	21	-		
数据时钟频率		F _{DCLK}	-	-	25	MHz	
灰阶时钟频率		F _{GCLK}	-	-	25	MHz	

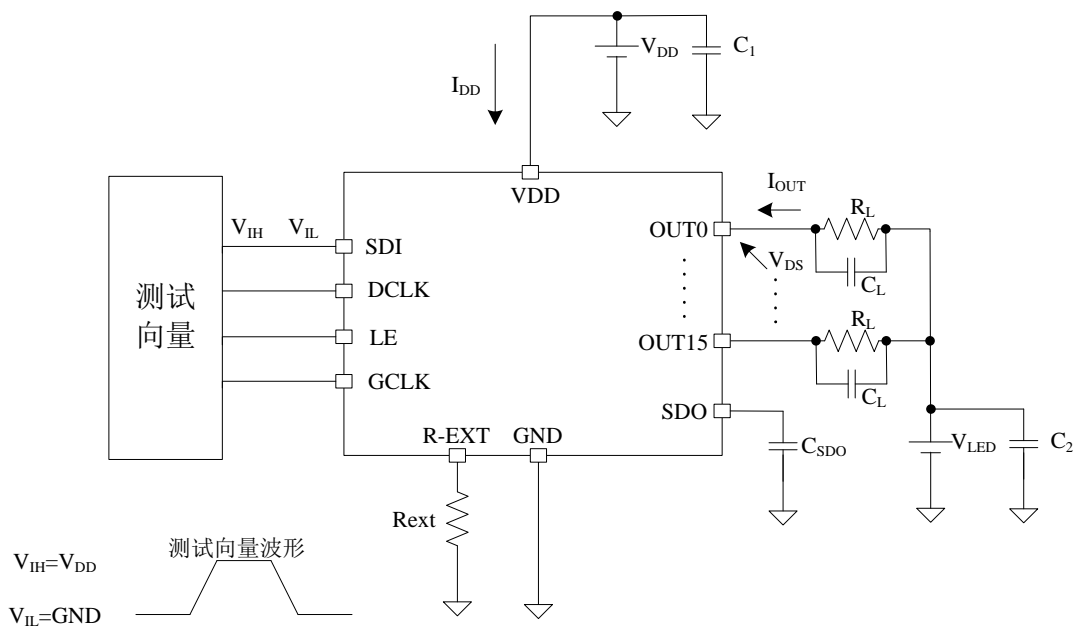
*在时序波形图(1)中, LE下降延后SDO的输出变化。



静态特性测试电路



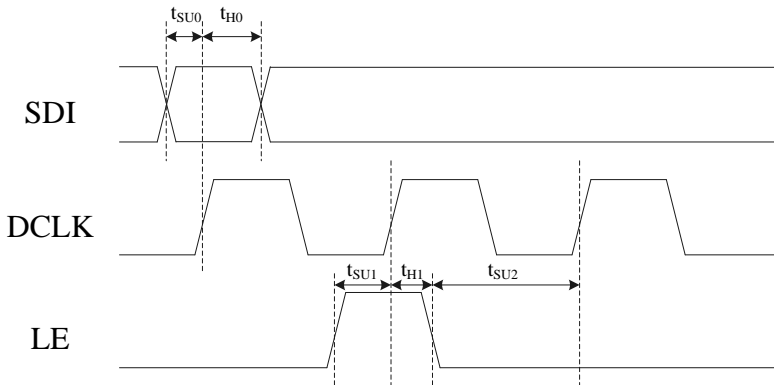
动态特性测试电路



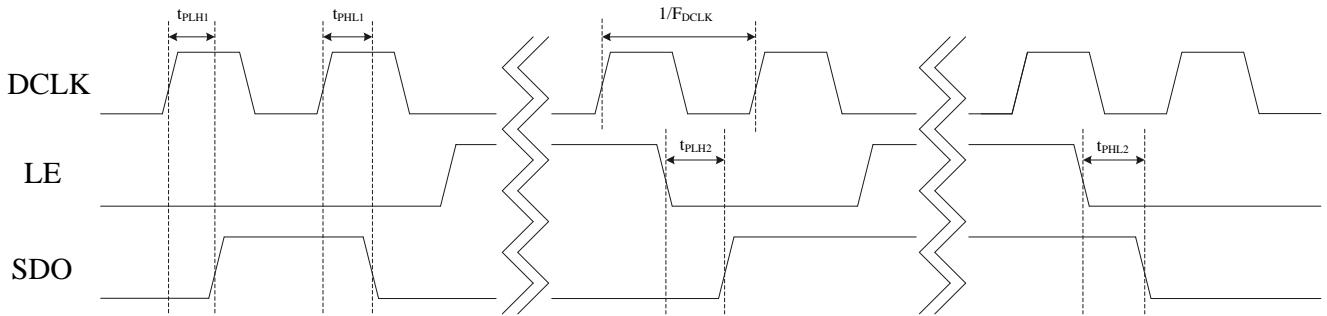


时序波形图

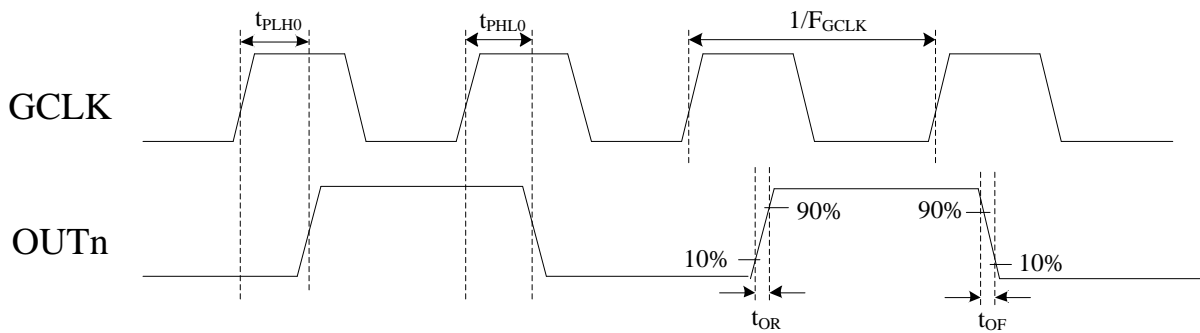
(1)



(2)



(3)

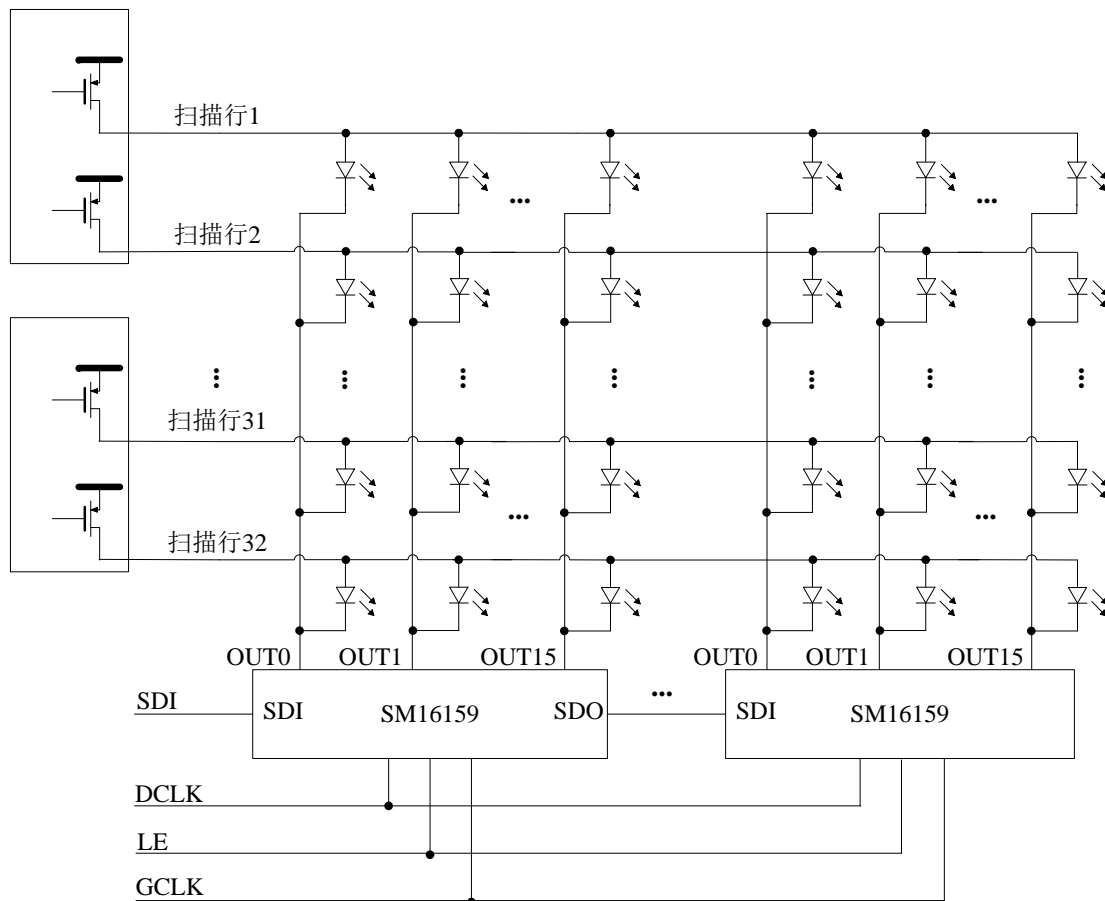




功能介绍

显示屏应用架构

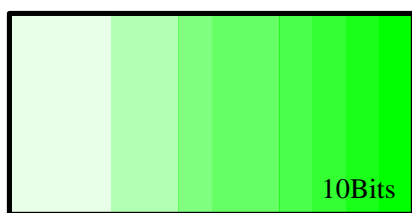
下图为 32 扫动态屏应用框架图，由 DCLK 和 LE 组合产生指令信号，灰度数据从 SDI 端口输入，由 SDO 端口传送到下一级芯片。以 GCLK 为基本时钟，结合灰度数据产生 PWM 信号，通过每个芯片的 OUT0~OUT15 端口控制每列 LED 灯显示效果。



SM-PWM

SM16159 支持 SM-PWM。藉由 SM-PWM，可将完整的显示周期平均分解成多个小的显示脉冲，因此既可以提高刷新率，又能够完美体现灰度数据要求的分辨率。

SM-PWM 技术，是将灰度数据写入芯片，结合外置时钟 GCLK，通过脉冲宽度调制的方式控制 LED 的平均电流，使之达到 65536 阶灰度调节，使得显示画面更加细腻。

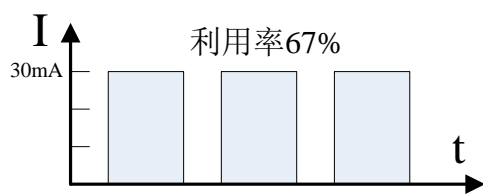


1024 级灰阶出现跳灰现象



SM16159 最大单色 65536 级灰阶

由于采用 SM-PWM 方式，SM16159 的利用率可以实现接近 100%。相对普通恒流驱动芯片，在相同的亮度情况下，SM16159 可设置更低的恒定电流。



普通恒流驱动利用率较低



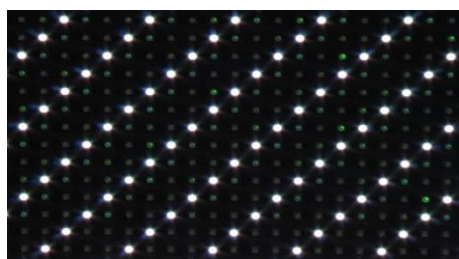
SM16159 最大 65536 级灰阶

列下消影

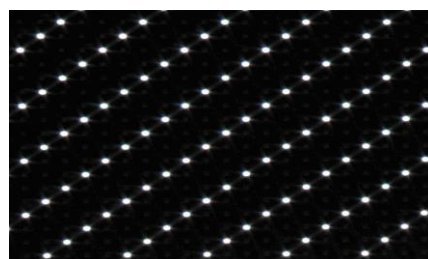
SM16159 内置消影功能，通过控制器调节，可设置消影使能开启或关闭。

电流拖影现象在显示文字时最为明显，通过打斜杠测试看到：斜杠的每个亮点上下各有一个暗亮点。扫描屏在换行时，行上寄生电容放电造成行拖影，给列寄生电容充电造成列拖影。

当 SM16159 用在扫描屏，刷新率较高时，开启消影功能后，能够有效消除列拖影。



拖影现象严重影响显示效果



SM16159 能够有效消除列拖影，抑制行拖影

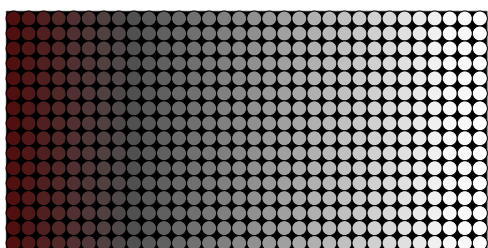
低灰偏色改善

SM16159 具有低灰偏色改善功能，通过低灰偏色使能来开启或关闭该功能，通过低灰偏色改善选项，来调节低灰配色效果。

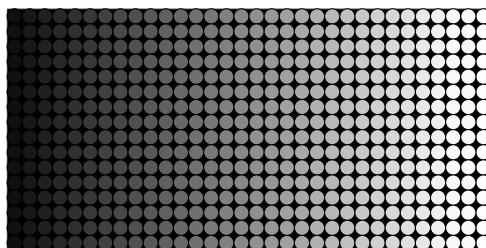
红绿蓝的导通电压差异及消影功能，在 GCLK 频率较高时，造成低灰显示效果偏色。

低灰偏色改善功能，提供给客户“关闭，轻微改善，正常改善，较好改善”共 4 种调色选择，低灰亮度以此顺序依次增加。客户通过软件设置，可实现分别对红、绿、蓝灯的驱动 IC 独立设置，以此可调整共计 64 种

调色方案。



普通消影芯片低灰偏色

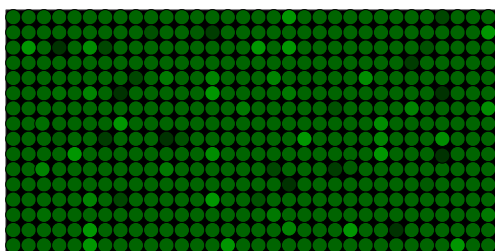


SM16159 有效改善低灰偏色

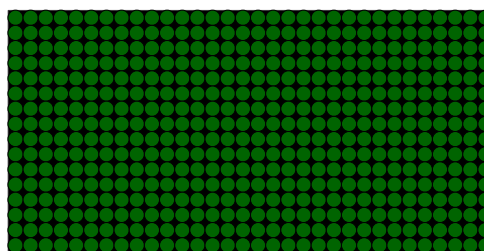
低灰麻点改善

低灰麻点现象在高密屏图像低亮度时最为明显，单色或者全白低灰测试时，可看出整个 LED 屏出现毫无规律的亮暗不一的灯点，给人感觉像是一块透明玻璃上布满了灰尘，绿、蓝灯尤其明显。

寄生电容和 LED 的差异是造成 LED 屏低灰麻点的主要原因。该现象低灰时比较明显、高灰时几乎看不到，原因在于低亮度下差异更易被人眼察觉，尤其是芯片输出小电流时，需要更长的时间来稳定芯片电流输出口开启状态，造成显示有效宽度明显减小，放大其差异。



普通芯片低灰麻点严重，尤其绿、蓝灯



SM16159 有效改善低灰麻点

SM16159 具有低灰麻点改善的功能，是通过 OUT 端口驱动处理实现，以此能够做到在刷新率较高时，显示效果一致性较好。

低灰亮度一致性改善

SM16159 具有低灰亮度改善功能，通过“低灰亮度改善”选项，来调节低灰亮度，可供客户多种应用选择。

高刷、高密屏的诸多问题是由显示最小脉宽较窄带来。通过调节低灰亮度，在不影响刷新率的情况下，增加最小显示时间，更好的达到优化显示效果的目的。

倍频

倍频功能可成倍增加刷新率。该功能是基于 SM-PWM 技术实现，通过减少每个扫描小周期内 GCLK 个数、增加扫描小周期的个数来提升刷新率。客户可通过软件调节 1/2/4/8 倍频，分别提升刷新率 1 倍、2 倍、4 倍、8 倍，进而轻松实现 32 扫动态屏 2000Hz 以上的刷新率。

以 32 扫为例拍摄照片。



1 倍频 (快门: 1/500S)



2 倍频 (快门: 1/1000S)



4 倍频 (快门: 1/2000S)



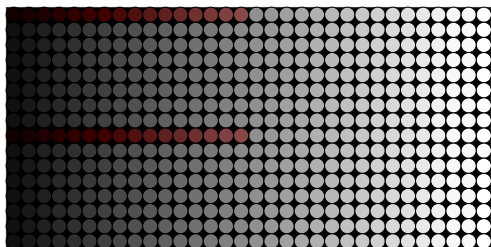
8 倍频 (快门: 1/4000S)

倍频功能并不会影响最小显示脉宽。

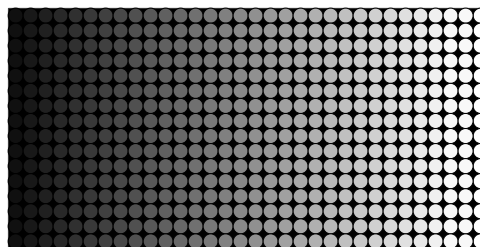
第一扫偏暗补偿

第一行偏暗现象在图像低灰过度部分中比较明显，在全色低灰时亦有体现。通过渐变低灰测试看到，每个扫描第一行相对其余行偏暗。第一行偏暗现象在刷新率达到 1500Hz 及以上时比较明显，同时，电流消影技术会加重该现象。

当屏上出现明显的第一行偏暗问题时，SM16159 可通过“第一行偏暗补偿”选项来开启该功能。



普通高刷芯片第一行偏暗严重 (8 扫)



SM16159 有效改善第一行偏暗问题



产品应用

电流增益调节

SM16159 支持在线软件设定输出端的电流，电流增益范围从 6'b00_0000 到 6'b11_1111，可以设定 64 级。如下表所示。

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G ₅	G ₄	G ₃	G ₂	G ₁	G ₀

说明：

G₅ 位是最高位，G₀ 是最低位；

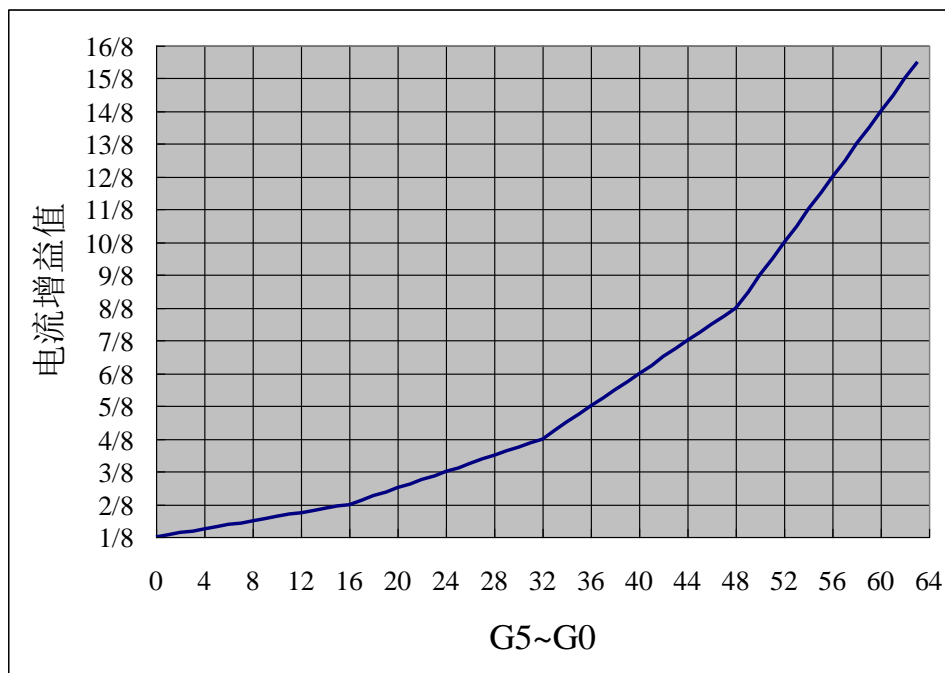
电流增益值范围为 1/8~2，计算公式如下：

$$G = \frac{2^{D_1}}{8} \left(1 + \frac{1}{16} * D_0 \right)$$

其中：

$$D_1 = G_5 * 2^1 + G_4 * 2^0$$

$$D_0 = G_3 * 2^3 + G_2 * 2^2 + G_1 * 2^1 + G_0 * 2^0$$



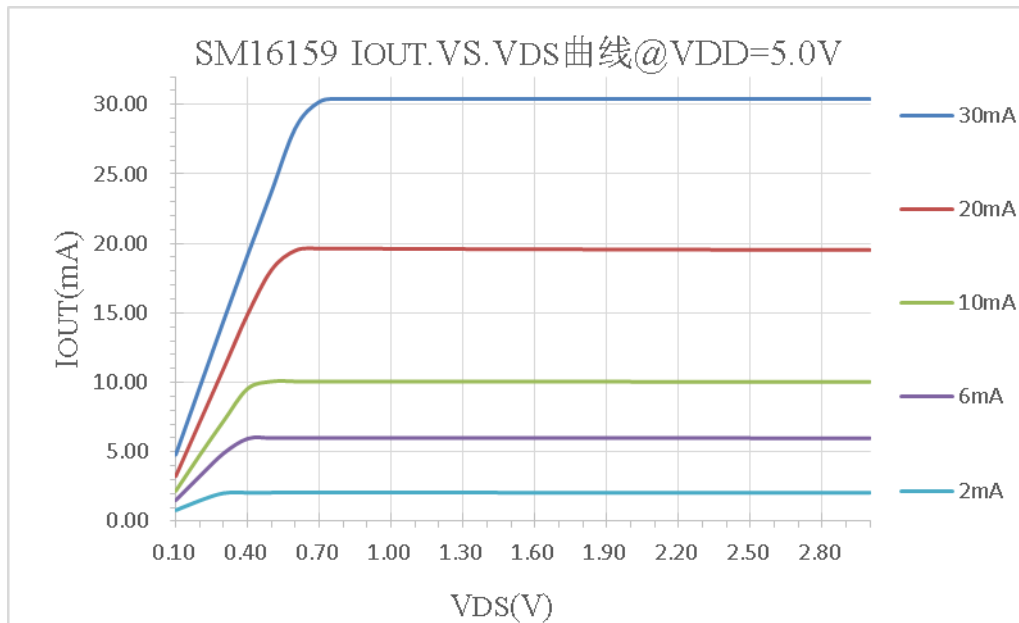
SM16159 电流增益调节范围



恒流精度

将 SM16159 应用于 LED 显示屏上时，通道间甚至芯片间的电流，差异极小。此源自于 SM16159 的优异特性：

- ◆ 通道间的最大电流误差小于 $\pm 2.0\%$ ，而芯片间的电流误差小于 $\pm 2.5\%$ 。
- ◆ 当负载端电压(V_{DS})变化时，其输出电流的稳定性不受影响，如下图所示。



VDD=5V 时，IOUT 与 VDS 之间的关系



调整输出电流

如下图所示，由外接电阻 (R_{EXT}) 调整输出电流 (I_{OUT})，套用下列公式可计算出输出电流值：

$$V_{REXT} = 0.635V$$

$$I_{OUT} = \frac{V_{REXT} * 15}{R_{EXT}} * G$$

$$R_{EXT} = \frac{V_{REXT} * 15}{I_{OUT}} * G$$

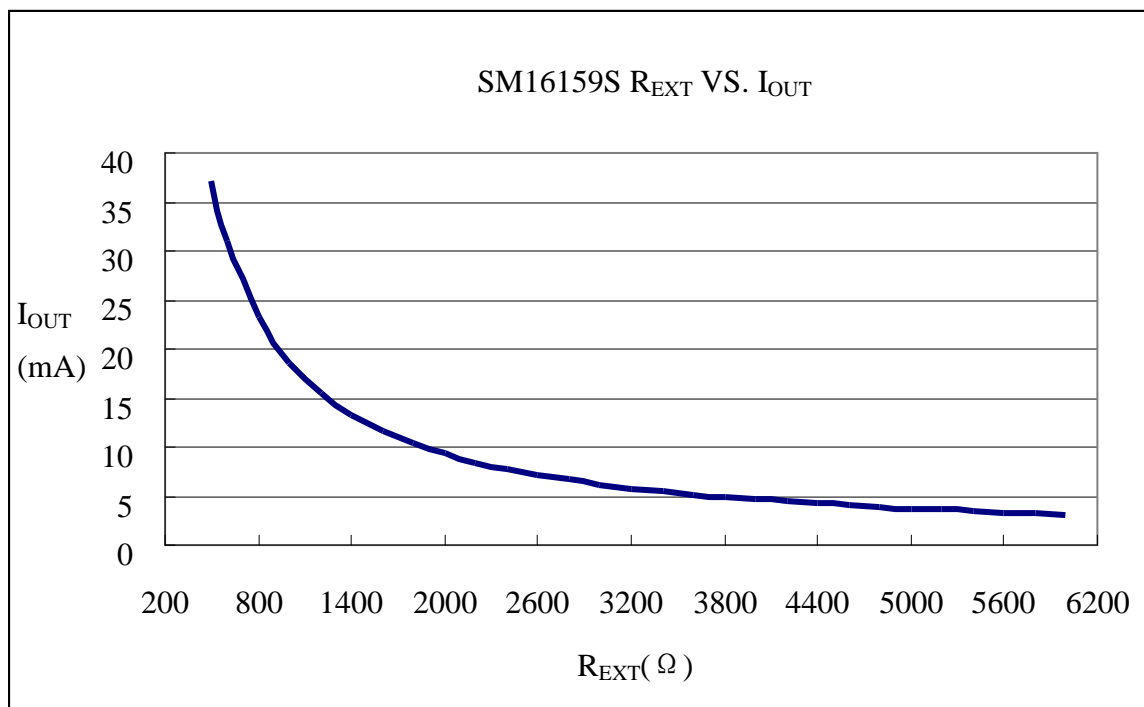
公式中：

V_{REXT} 是指 R_{EXT} 端的电压值；

R_{EXT} 是指外接至 $REXT$ 端的电阻值；

G 是指电流增益，详情见“电流增益调节”章节。

若 $G=2$ ，当 R_{EXT} 电阻值是 800Ω ，通过公式计算可得输出电流值 $23mA$ ；当 R_{EXT} 电阻值是 $2k\Omega$ 时，输出的电流则为 $9mA$ 。



SM16159 的输出端口电流 I_{OUT} 与 R_{EXT} 电阻间的关系 ($G=2$)



封装散热功率(P_D)

封装的最大散热功率是由如下公式来决定:

$$P_{D(max)} = \frac{T_j - T_a}{R_{TH(j-a)}}$$

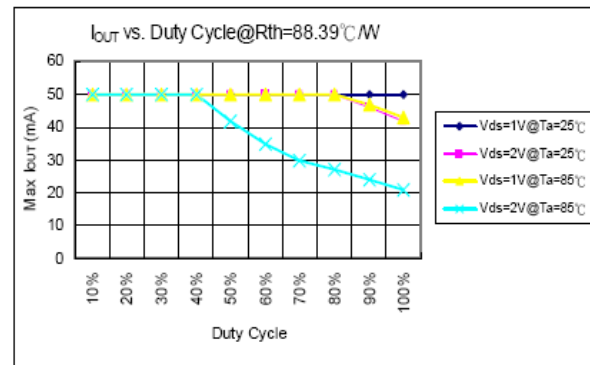
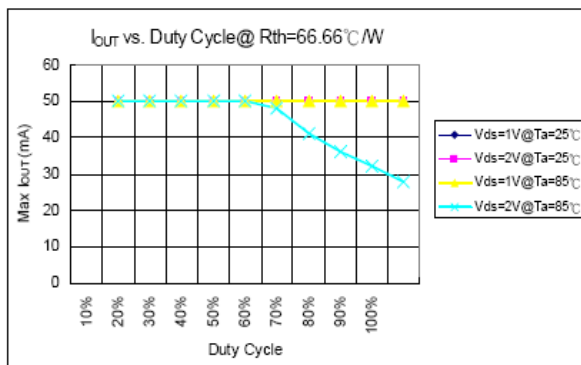
当 16 个通道完全打开时, 实际功耗为:

$$P_{D(act)} = I_{DD} * V_{DD} + I_{OUT} * Duty * V_{DS} * 16$$

实际功耗必须小于最大功耗, 即 $P_{D(act)} < P_{D(max)}$, 为了保持 $P_{D(act)} < P_{D(max)}$, 输出的最大电流与占空比的关系为:

$$I_{OUT} = \frac{\frac{T_j - T_a}{R_{TH(j-a)}} - I_{DD} * V_{DD}}{V_{DS} * Duty * 16}$$

其中 T_j 为 IC 的工作温度, T_a 为环境温度, V_{DS} 为稳流输出端口电压, Duty 为占空比, $R_{TH(j-a)}$ 为封装的热阻。下图为最大输出电流与占空比的关系:



端口电流与输出占空比的关系

如果需要更大的输出电流 I_{OUT} , 则需要加散热片, 其计算公式由 $\frac{1}{R_{TH(j-a)}} + \frac{1}{R_{FC}} = \frac{P_{D(act)}}{T_j - T_a}$ 得:

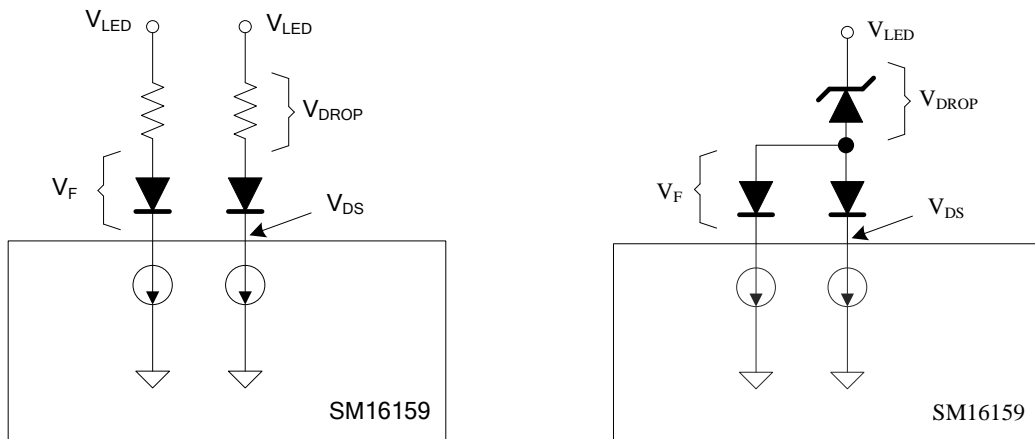
$$R_{FC} = \frac{R_{TH(j-a)} * (T_j - T_a)}{P_{D(act)} * R_{TH(j-a)} - (T_j - T_a)}$$

因此如果要输出更大的电流 I_{OUT} , 由上面公式可以计算出必须给 IC 加热阻为 R_{FC} 的散热片。



负载端供电电压(V_{LED})

为使封装片散热能力达到最佳化, 建议输出端电压(V_{DS})的最佳工作范围是 0.8V 左右(依据 $I_{OUT} = 0.6 \sim 32mA$)。如果 $V_{DS} = V_{LED} - V_F$ 且 $V_{LED} = 5V$ 时, 此时过高的输出端电压(V_{DS})可能会导致 $P_{D(act)} > P_{D(max)}$ 。建议尽可能使用较低的 V_{LED} 电压, 可用外串电阻或稳压管当做 V_{DROP} , 这样可降低端口电压 $V_{DS} = (V_{LED} - V_F) - V_{DROP}$, 达到降低输出端口电压(V_{DS})的效果。外串电阻或稳压管的应用图可参阅下图。



建议降低端口工作电压, 以保证封装片散热需求

红灯相对绿、蓝灯的导通压降差异约为 1V, 且一般情况下, 红灯电流比绿、蓝灯的电流大。考虑到芯片承载功率, 建议红灯串接电阻到 OUT 端口, 阻值的选取为:

$$R_{RED} = \frac{1}{I_{RED}}$$

例如:

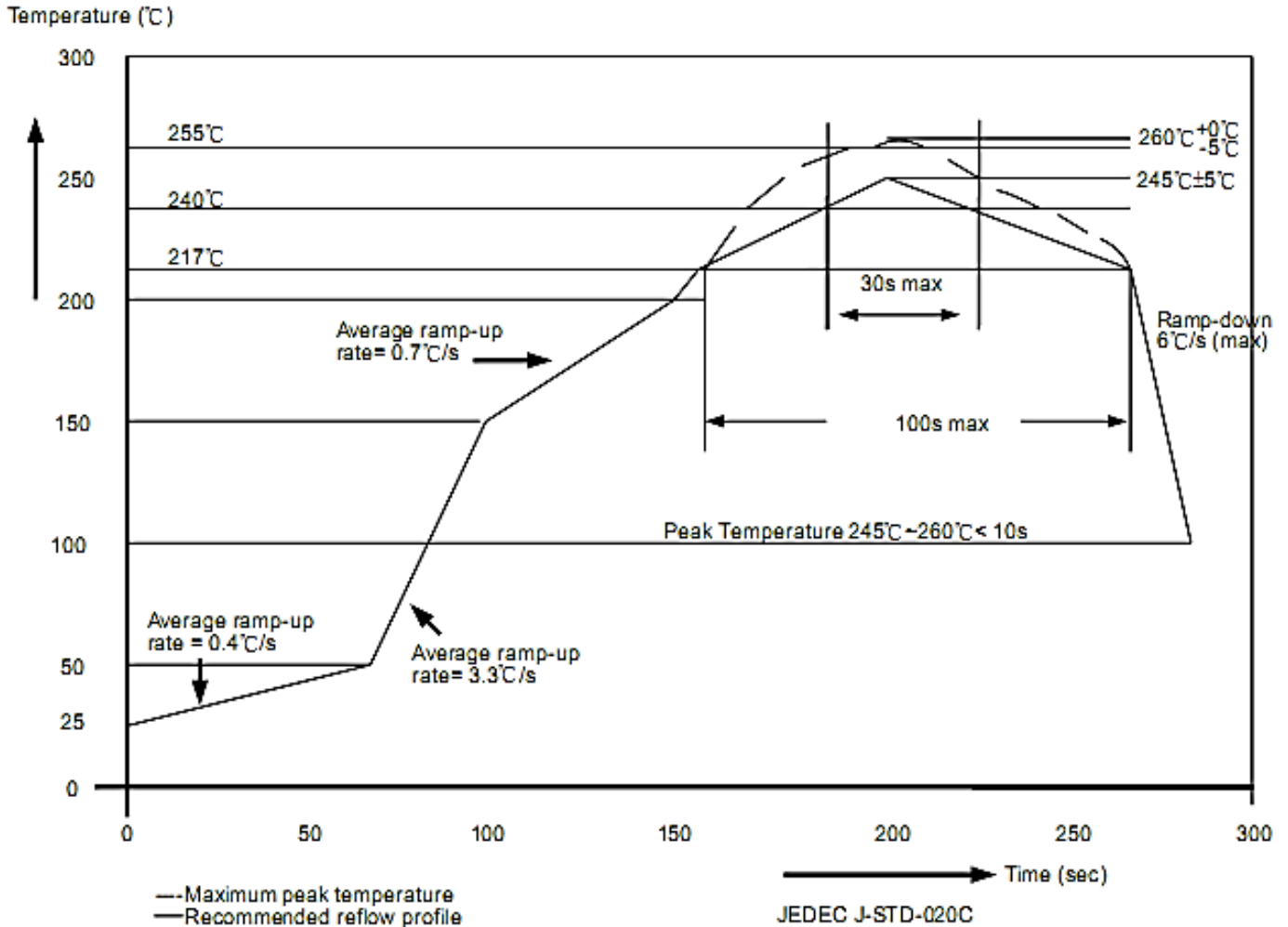
如果设置红灯电流 $I_{RED} = 10mA$, 建议 R_{LED} 选择 100Ω 电阻;

如果设置红灯电流 $I_{RED} = 20mA$, 建议 R_{LED} 应该选择 50Ω 电阻。



封装焊接制程

明微电子所生产的半导体产品遵循欧洲 RoHs 标准，封装焊接制程锡炉温度符合 J-STD-020 标准。

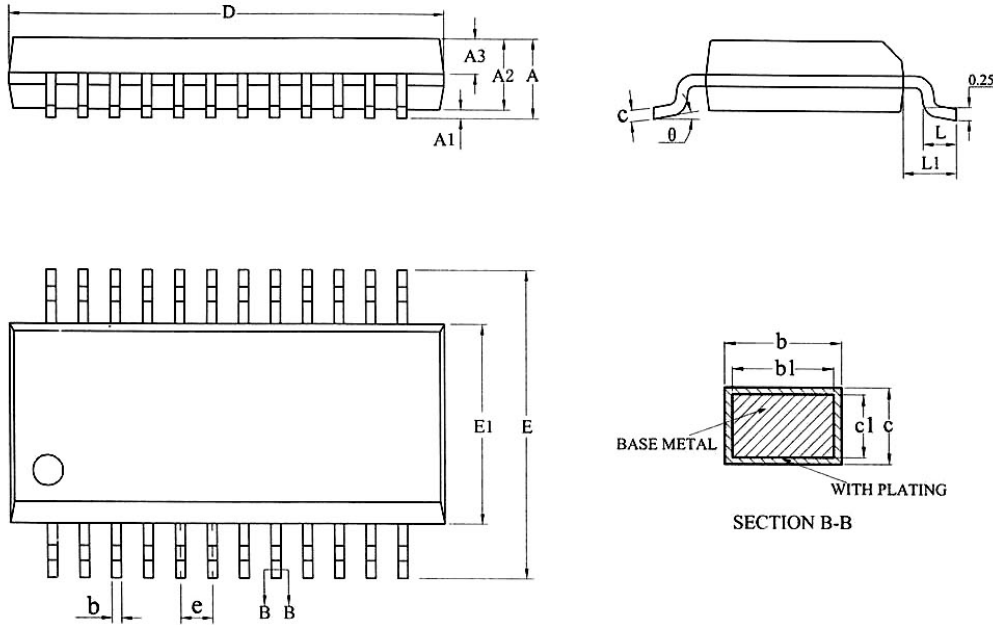


封装厚度	体积		
	mm ³ < 350	mm ³ : 350~2000	mm ³ ≥ 2000
<1.6mm	260+0°C	260+0°C	260+0°C
1.6mm~2.5mm	260+0°C	250+0°C	245+0°C
≥2.5mm	250+0°C	245+0°C	245+0°C



封装形式

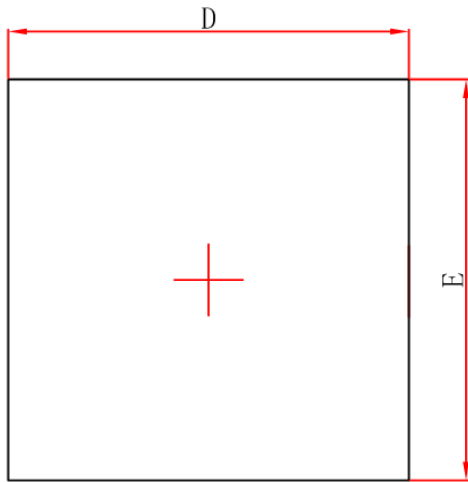
QSOP24



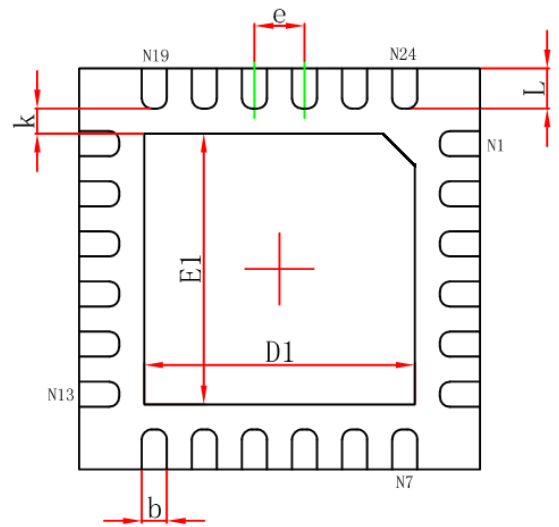
Symbol	QSOP24-0.635 (Millimeter)		
	Min.	Nom.	Max.
A	-	-	1.77
A1	0.08	0.18	0.28
A2	1.2	1.4	1.6
A3	0.55	0.65	0.75
b	0.23	-	0.33
b1	0.22	0.25	0.28
c	0.21	-	0.26
c1	0.19	0.2	0.21
D	8.45	8.65	8.85
E	5.8	6	6.2
E1	3.7	3.9	4.1
e	0.635BSC		
L	0.5	0.65	0.8
L1	1.05BSC		
θ	0	-	8°



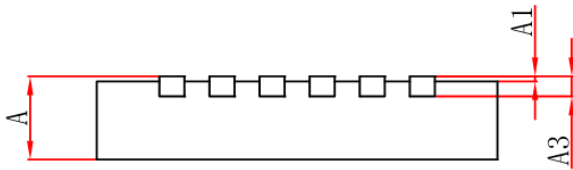
QFN24(4*4)



Top View



Bottom View



Side View

Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	0.700/0.800	0.800/0.900	0.028/0.031	0.031/0.035
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A3	0.203REF		0.008REF	
D	3.924	4.076	0.154	0.160
E	3.924	4.076	0.154	0.160
D1	2.600	2.800	0.102	0.110
E1	2.600	2.800	0.102	0.110
k	0.200MIN.		0.008MIN.	
b	0.200	0.300	0.008	0.012
e	0.500TYP.		0.020TYP.	
L	0.324	0.476	0.013	0.019



使用权声明

明微电子对于产品、文件以及服务保有一切变更、修正、修改、改善和终止的权利。针对上述的权利，客户在进行产品购买前，建议与明微电子业务代表联系以取得最新的产品信息。

明微电子的产品，除非经过明微合法授权，否则不应使用于医疗或军事行为上，若使用者因此导致任何身体伤害或生命威胁甚至死亡，明微电子将不负任何损害赔偿赔偿责任。

此份文件上所有的文字内容、图片、及商标为明微电子所属之智慧财产。未经明微合法授权，任何个人和组织不得擅自使用、修改、重制、公开、改作、散布、发行、公开发表等损害本企业合法权益。对于相关侵权行为，本企业将立即全面启动法律程序，追究法律责任。