

SM16237

概述

SM16237 是一款带开路检测功能的 16 通道恒流驱动芯片，内置双锁存、电流增益和列下消影功能，适用于高刷新和高利用率显示屏应用领域。

SM16237 工作电压为 3.3V—5.0V，提供 16 个 1—32mA 恒流输出端口；IC 输出电流片内差异小于 $\pm 2.5\%$ 、片间差异小于 $\pm 3.0\%$ ；输出电流不随着输出端电压 (V_{DS}) 的变化而变化，且电流受环境温度影响的变化小于 1%；每个通道的输出电流大小由外接电阻调整，同时芯片内置 32 级电流增益调节功能。

SM16237 输出端口耐压可达 +15V，因此可以在每个输出端串接多个 LED 灯；SM16237 高达 25MHz 以上的时钟频率可以满足系统对大量数据传输的需求。

特点

- ◆ 具有双锁存功能，提升刷新率及电流利用率；
- ◆ 内置 LED 开路检测功能，消除开路“十字架”；
- ◆ 内置列下消影功能；
- ◆ 内置电流增益调节功能；
- ◆ 恒流输出范围：1—32mA @5.0V、1—24mA @3.3V；
- ◆ 工作电压：3.3V~5.0V；
- ◆ 恒流电流偏差：
片内： $< \pm 2.5\%$ ；片间： $< \pm 3.0\%$ ；
- ◆ 快速的输出电流响应， \overline{OE} （最小值）：25ns；
- ◆ 高达 25MHz 时钟频率；
- ◆ 封装形式：QSOP24、QFN24(4*4)；

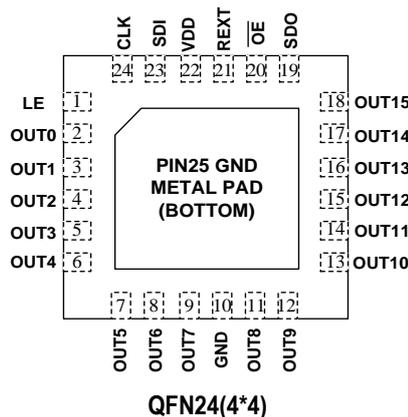
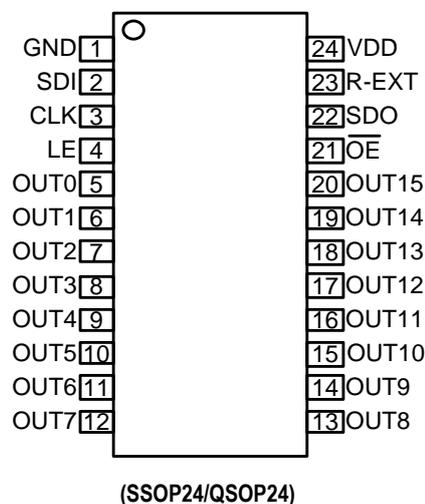
应用领域

- ◆ 广告屏
- ◆ LED 显示驱动

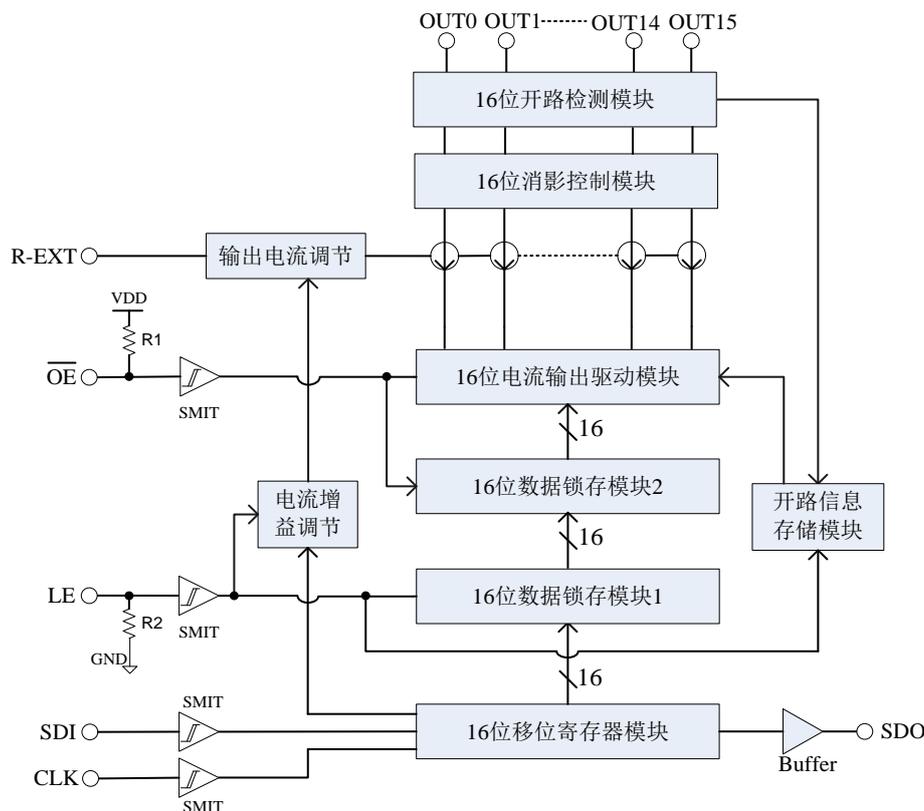
封装信息

| 产品名称 | 封装形式 | 塑封体尺寸 (mm) | 脚间距 (mm) |
|----------|------------|---------------|-------------|
| SM16237S | QSOP24 | 8.65*3.9*1.4 | 0.635 |
| SM16237N | QFN24(4*4) | 4*4*0.85 | 0.5 |

管脚定义



内部功能简单框图



管脚说明

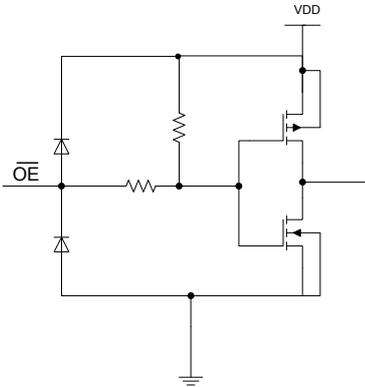
| 名称 | 功能说明 |
|------------------------|--|
| GND | 芯片地； |
| SDI | 串行数据输入端口； |
| CLK | 时钟信号的输入端口，时钟上升沿时移位数据； |
| LE | 数据锁存控制端口，当 LE 为高电平时，串行数据会被传入至输出锁存器；当 LE 为低电平时，数据会被锁存； |
| OUT0~OUT15 | 恒流源输出端口； |
| $\overline{\text{OE}}$ | 输出使能控制端口，当 $\overline{\text{OE}}$ 为低电平时，即会启动 OUT0~OUT15 输出；当 $\overline{\text{OE}}$ 为高电平时，OUT0~OUT15 输出会被关闭； |
| SDO | 串行数据输出端口，可接至下一个芯片的 SDI 端口； |
| R-EXT | 连接外接电阻的输入端口，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

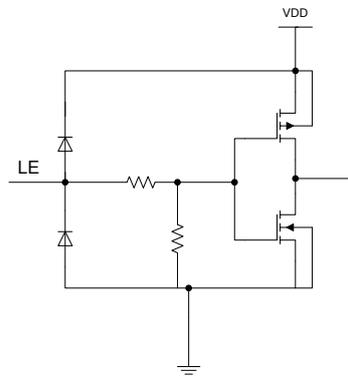
| 订购型号 | 封装形式 | 包装方式 | | 卷盘尺寸 |
|----------|------------|------------|----------|------|
| | | 管装 | 编带 | |
| SM16237S | QSOP24 | 100000 颗/箱 | 4000 颗/盘 | 13 寸 |
| SM16237N | QFN24(4*4) | / | 5000 颗/盘 | 13 寸 |

输入及输出等效电路

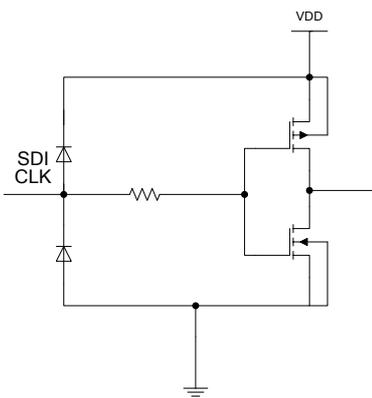
◆ OE 输入端



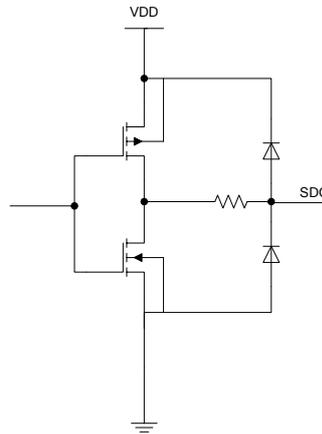
LE 输入端



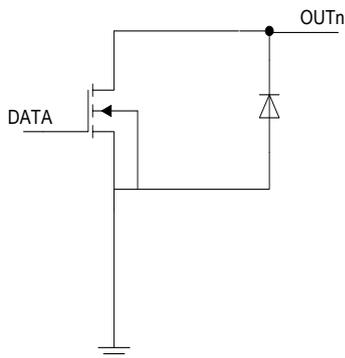
◆ CLK,SDI 输入端



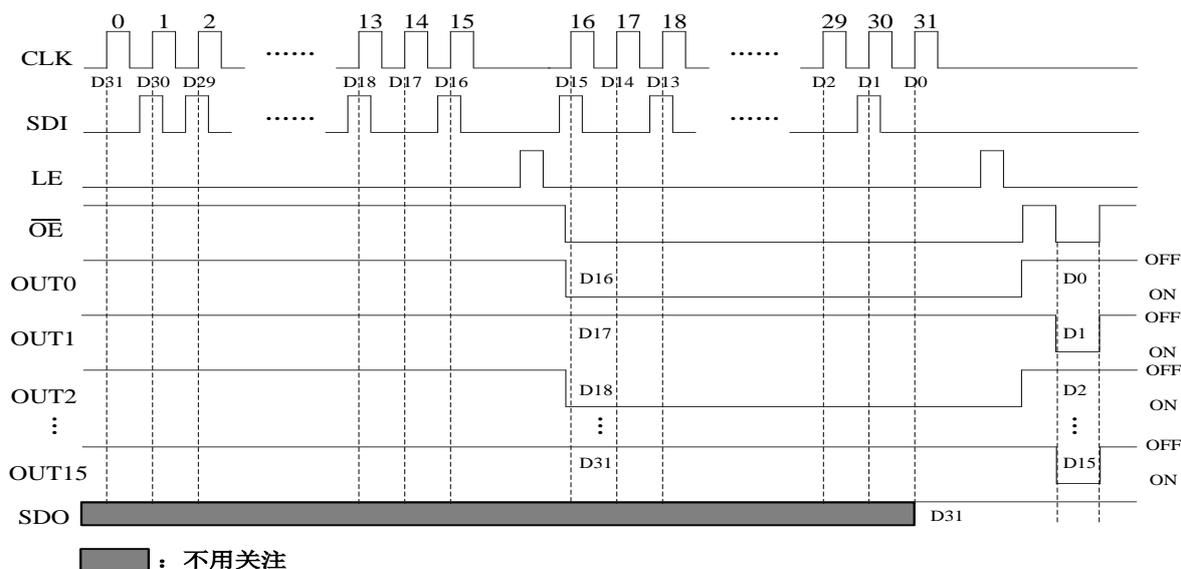
SDO 输出端



◆ OUT0~OUT15 输出端



时序图



真值表

| CLK | LE | \overline{OE} | SDI | $\overline{OUT0} \dots \overline{OUT7} \dots \overline{OUT15}$ | SDO |
|-----|----|-----------------|------|--|-------|
| | H | L | Dn | $\overline{Dn} \dots \overline{Dn-7} \dots \overline{Dn-15}$ | Dn-15 |
| | L | L | Dn+1 | No Change | Dn-14 |
| | H | L | Dn+2 | $\overline{Dn+2} \dots \overline{Dn-5} \dots \overline{Dn-13}$ | Dn-13 |
| | × | L | Dn+3 | Dn+2...Dn-5...Dn-13 | Dn-13 |
| | × | H | Dn+3 | off | Dn-13 |

最大极限参数

| 特性 | 代表符号 | 最大限定范围 | 单位 |
|------------|------------------------------------|---------------|-----|
| 电源电压 | VDD | 0~7 | V |
| 输入端电压 | $V_{SDA}, V_{CLK}, V_{LE}, V_{OE}$ | -0.4~VDD+0.4V | V |
| 电流输出端电流 | I_{OUT} | 45 | mA |
| 输出端承受电压 | BV_{OUT} | -0.5 ~ +16.0 | V |
| 最高时钟频率 | f_{CLK_MAX} | 30 | MHz |
| 芯片工作结温 | T_{opr} | -40~+150 | °C |
| 芯片储存温度 | T_{stg} | -55~+150 | °C |
| HBM 人体放电模式 | V_{ESD} | >3K | V |

备注：表贴产品焊接最高峰值温度不能超过 260°C，温度曲线依据 J-STD-020 标准、参考工厂实际和锡膏商建议由工厂自行设定。

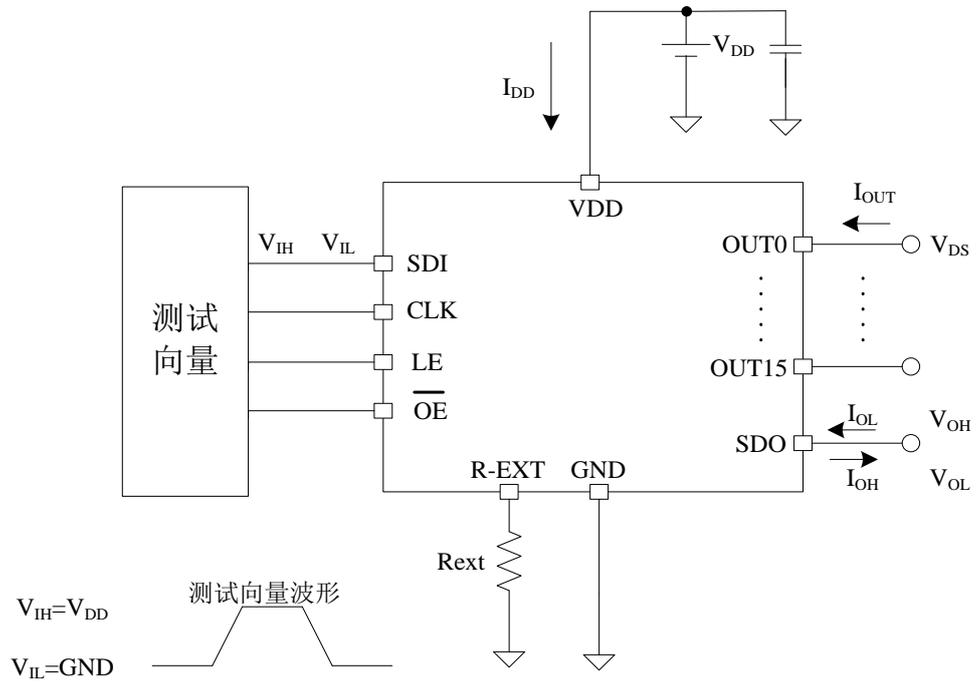
直流特性(VDD=5.0V, Ta=25°C)

| 特性 | 代表符号 | 测量条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|--------------------|---|---------|------|---------|-------|
| 静态电流 | $I_{DD(off)1}$ | Rext 悬空, OUT0~OUT15=OFF | - | 2.4 | - | mA |
| | $I_{DD(off)2}$ | Rext=920Ω, OUT0~OUT15=OFF | - | 4.9 | - | mA |
| OUT 端口输出电流 | I_{OUT} | I_{OUT} 开启, $V_{DS}=1.5V$ | 1 | - | 32 | mA |
| SDO 驱动电流 | I_{OH} | SDO 输出高电平, 对地最大电流 | - | -22 | - | mA |
| | I_{OL} | SDO 输出低电平, 对电源最大电流 | - | 22 | - | mA |
| 输入端口翻转电平 | V_{IH} | VDD=5.0V | 0.7*VDD | - | - | V |
| | V_{IL} | | - | - | 0.3*VDD | V |
| OUT 输出端漏电流 | I_{OH} | OUT输出关闭, $V_{DS}=15V$ | - | - | 0.2 | uA |
| SDO 输出端电压 | V_{OL} | $I_{OL}=+1mA$ | - | - | 0.4 | V |
| | V_{OH} | $I_{OH}=-1mA$ | 4.6 | - | - | V |
| OUT 端口输出端电流 1 | I_{OUT1} | Rext=910Ω, $V_{DS}=1.5V$ | - | 20.0 | - | mA |
| 输出电流误差 | D_{IOUT} | $I_{OUT}=20mA, V_{DS}=1V$ 电流增益位: 00111 | 片内 | - | - | ±2.5% |
| | | | 片间 | - | - | ±3.0% |
| OUT 端口输出电流 2 | I_{OUT2} | Rext =1.8KΩ, $V_{DS}=1.5V$ | - | 10.0 | - | mA |
| 输出电流误差 | D_{IOUT} | $I_{OUT}=10.0mA, V_{DS}=1V$ 电流增益位: 00111 | 片内 | - | - | ±2.5% |
| | | | 片间 | - | - | ±3.0% |
| 输出电流误差/ V_{DS} 变化量 | $\%/\Delta V_{DS}$ | $V_{DS}=1.0V\sim 3.0V, I_{OUT}=20mA$ | - | 1.0 | - | %/V |
| Pull-up 电阻 | $R_{OE(up)}$ | \overline{OE} | - | 200 | - | KΩ |
| Pull-down 电阻 | $R_{LE(down)}$ | LE | - | 200 | - | KΩ |

直流特性(VDD=3.3V, Ta=25°C)

| 特性 | 代表符号 | 测量条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------|--------------------|--|---------|------|---------|-------|
| IC 静态电流 | $I_{DD(off)1}$ | Rext 悬空, OUT0~OUT15=OFF | - | 2.0 | - | mA |
| | $I_{DD(off)3}$ | Rext=920Ω, OUT0~OUT15=OFF | - | 4.4 | - | mA |
| OUT 端口输出电流 | I_{OUT} | IOUT 开启, $V_{DS}=1.5V$ | 1 | - | 24 | mA |
| SDO 驱动电流 | I_{OH} | SDO 输出高电平, 对地最大电流 | - | -11 | - | mA |
| | I_{OL} | SDO 输出低电平, 对电源最大电流 | - | 11 | - | mA |
| 输入端口翻转电平 | V_{IH} | VDD=3.3V | 0.7*VDD | - | - | V |
| | V_{IL} | | - | - | 0.3*VDD | V |
| OUT 端口输出电流 2 | I_{OUT2} | Rext =1.8KΩ, $V_{DS}=1.5V$ | - | 10.0 | - | mA |
| 输出电流误差 | D_{IOUT} | $I_{OUT}=10mA$, $V_{DS}=0.6V$ 电流增益位: 00111 | 片内 | - | - | ±2.5% |
| | | | 片间 | - | - | ±3.0% |
| OUT 输出端漏电流 | I_{OH} | $V_{DS}=15V$ | - | - | 0.5 | uA |
| 输出电流误差/VDS 变化量 | $\%/\Delta V_{DS}$ | $V_{DS}=1.0V\sim 3.0V$, $I_{OUT}=20mA$ | - | 1 | - | %/V |
| SDO 输出端电压 | V_{OL} | $I_{OL}=+1mA$ | - | - | 0.3 | V |
| | V_{OH} | $I_{OH}=-1mA$ | 3.0 | - | - | V |

直流特性测试电路



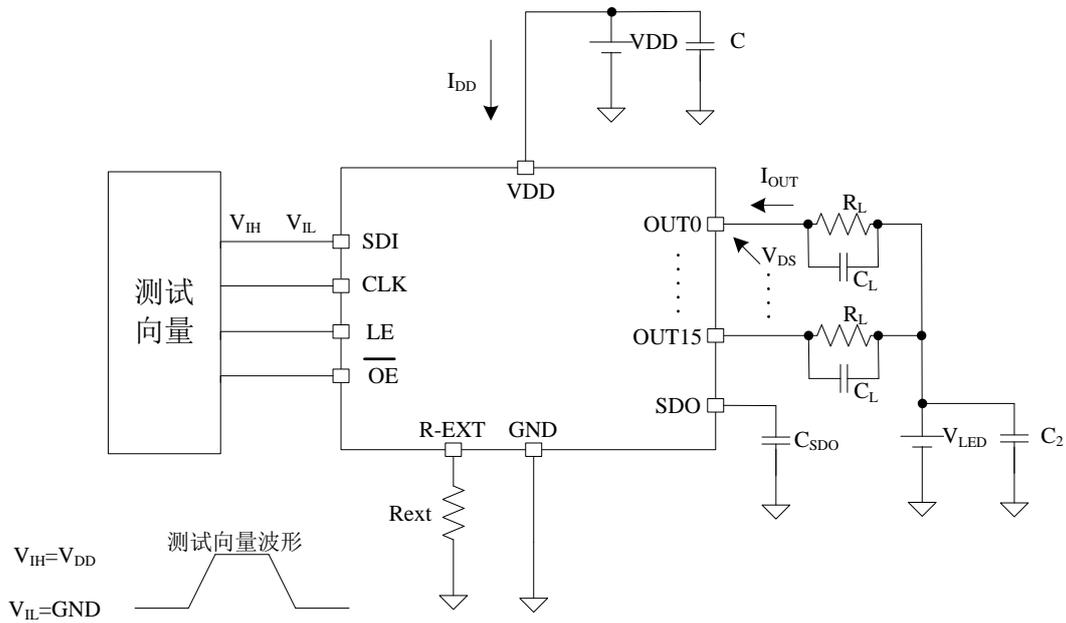
动态特性 (VDD= 5.0V)

| 特性 | | 代表符 | 测量条件 | 最小值 | 一般值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------|----------|----------------|---|-----|-----|-----|----|
| 延迟时间 (低电平到高电平) | OE——OUT | t_{pLH3} | $V_{IH}=VDD$ $V_{IL}=GND$ $R_{ext}=3.0K\Omega$ $VDD=5.0V$ $R_L=510\Omega$ | -- | 35 | -- | ns |
| | CLK——SDO | t_{pLH} | | -- | 23 | -- | ns |
| 延迟时间 (高电平到低电平) | OE——OUT | t_{pHL3} | | -- | 37 | -- | ns |
| | CLK——SDO | t_{pHL} | | -- | 21 | -- | ns |
| 电流输出上升沿时间 | | $t_{OUT-RISE}$ | | -- | 30 | -- | ns |
| 电流输出下降沿时间 | | $t_{OUT-FALL}$ | | -- | 20 | -- | ns |

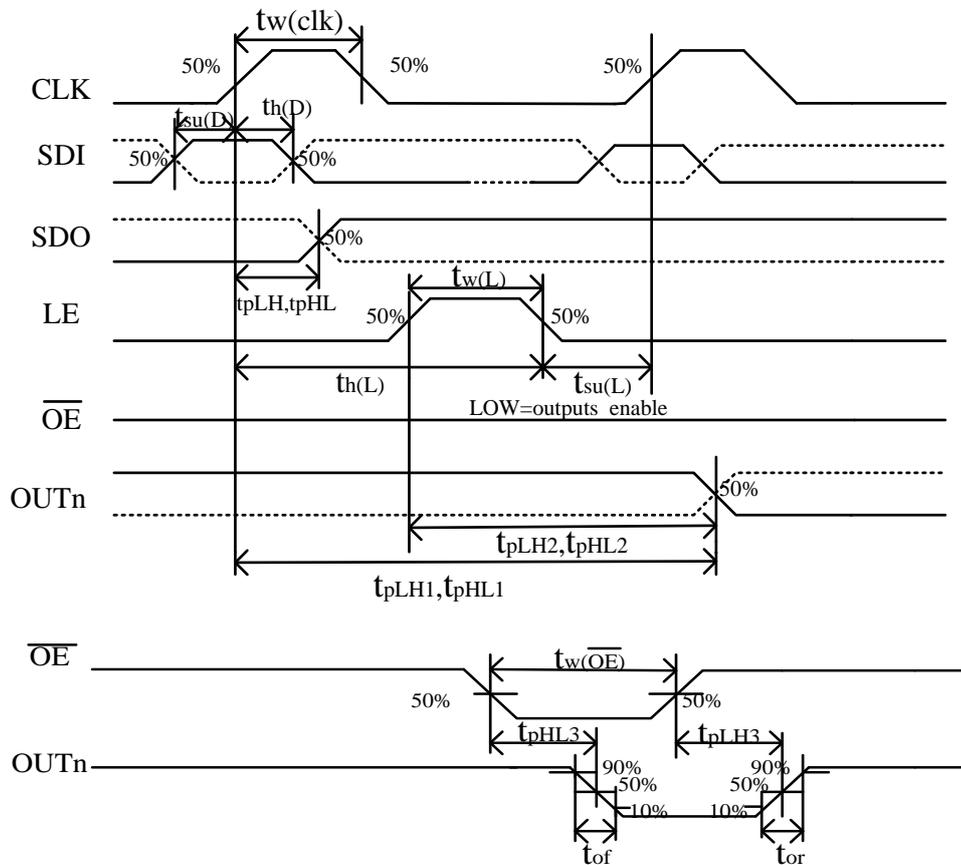
(VDD= 3.3V)

| 特性 | | 代表符 | 测量条件 | 最小值 | 一般值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------|----------|----------------|---|-----|-----|-----|----|
| 延迟时间 (低电平到高电平) | OE——OUT | t_{pLH3} | $V_{IH}=VDD$ $V_{IL}=GND$ $R_{ext}=3.0K\Omega$ $VDD=3.3V$ $R_L=380\Omega$ | -- | 45 | -- | ns |
| | CLK——SDO | t_{pLH} | | -- | 26 | -- | ns |
| 延迟时间 (高电平到低电平) | OE——OUT | t_{pHL3} | | -- | 47 | -- | ns |
| | CLK——SDO | t_{pHL} | | -- | 25 | -- | ns |
| 电流输出上升沿时间 | | $t_{OUT-RISE}$ | | -- | 26 | -- | ns |
| 电流输出下降沿时间 | | $t_{OUT-FALL}$ | | -- | 14 | -- | ns |

动态特性测试电路



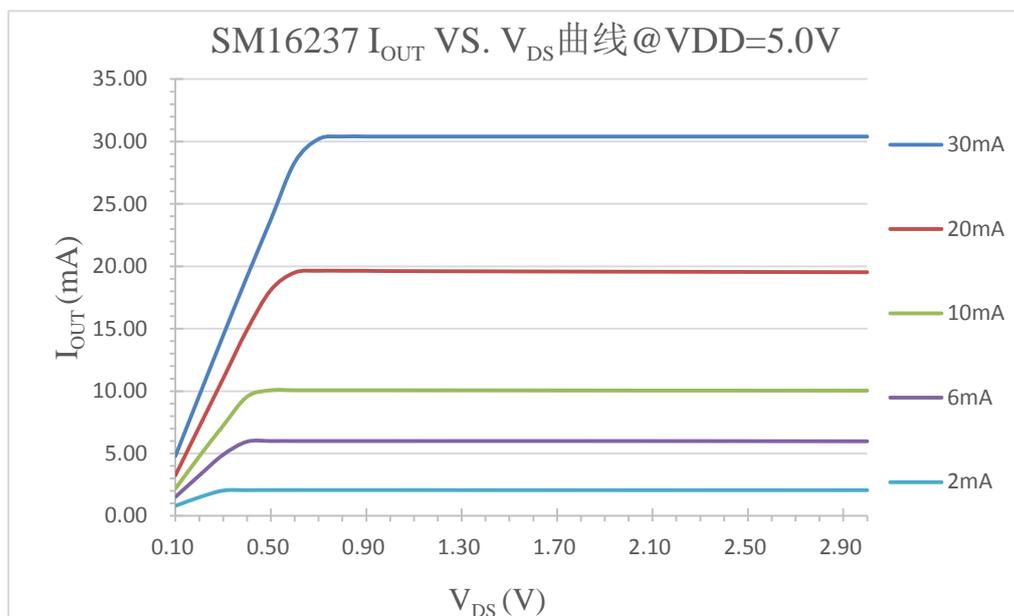
时序波形图



产品应用

将 SM16237 应用于 LED 显示屏设计时，通道间甚至芯片间的电流差异极小。此源自于 SM16237 优异的恒流输出特性：

- ◆ 片内通道间的最大电流误差小于 $\pm 2.5\%$ ，而芯片间的最大电流误差小于 $\pm 3.0\%$ ；
- ◆ 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 = 5.0V 时，I_{OUT} 与 V_{DS} 之间的关系曲线

调整输出电流

如下图所示，由外接一个 r_{ext} 电阻调整输出电流 I_{OUT} ，套用下列公式可计算出输出电流值：

$$I_{OUT} = G * 18110 / r_{ext} \quad \text{mA}$$

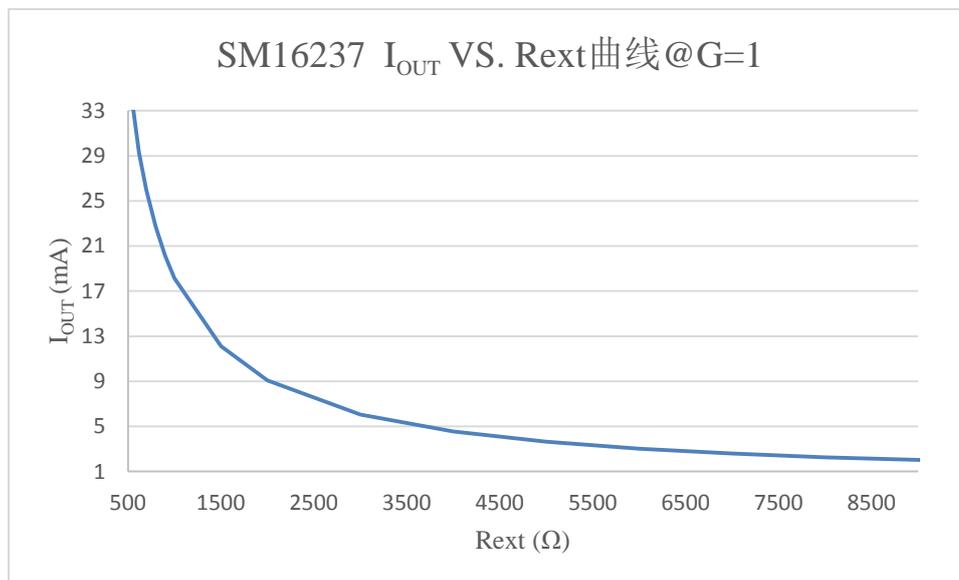
其中 G 为电流增益，可调范围：100%~6.67%，默认 $G=1$ ，故默认时 OUT 电流计算公式为：

$$I_{OUT} = 18110 / r_{ext} \quad \text{mA}$$

例如：

- 1) 应用时选用 3000Ω 电阻，根据公式可以算出电流 $I = 18110 / 3000 = 6.03\text{mA}$ ；
- 2) 应用中设计电流为 10mA ，则可以根据上面公式反算出 $r_{ext} = 18110 / 10 = 1.811\text{K}\Omega$

r_{ext} 是指 R-EXT 端口对地的电阻值，电流单位是 mA。当 $G=1$ 时， R_{ext} 和 I_{OUT} 关系曲线如下：



VDD = 5.0V 时， I_{OUT} 与 R_{ext} 电阻的关系曲线

电流增益调节

SM16237 支持在线软件设定输出端的电流，G4、G3、G2、G1、G0 共五位可调，电流增益范围从 5'b0_0000 到 5'b1_1111，可以设定 32 级。默认情况下 G4G3G2G1G0=5'b00111，G=100%。说明：G4 位是最高位，G0 是最低位。

电流增益值范围为 100%~6.67%，计算公式如下：

$$G = \frac{1}{4^{G4}} * \frac{1}{2^{G3}} * \left(\frac{8}{15} + \frac{4*G2}{15} + \frac{2*G1}{15} + \frac{G0}{15} \right)$$

根据上面公式，可以计算出状态寄存器内部 G4、G3、G2、G1、G0 在不同设置参数条件下的增益值：

| 状态寄存器 G4G3G2G1G0 | 电流增益 G | 状态寄存器 G4G3G2G1G0 | 电流增益 G |
|------------------|--------|------------------|---------|
| 11000 | 6.67% | 01000 | 26.67% |
| 11001 | 7.50% | 01001 | 30.00% |
| 11010 | 8.33% | 01010 | 33.33% |
| 11011 | 9.17% | 01011 | 36.67% |
| 11100 | 10.00% | 01100 | 40.00% |
| 11101 | 10.83% | 01101 | 43.33% |
| 11110 | 11.67% | 01110 | 46.67% |
| 11111 | 12.50% | 01111 | 50.00% |
| 10000 | 13.33% | 00000 | 53.33% |
| 10001 | 15.00% | 00001 | 60.00% |
| 10010 | 16.67% | 00010 | 66.67% |
| 10011 | 18.33% | 00011 | 73.33% |
| 10100 | 20.00% | 00100 | 80.00% |
| 10101 | 21.67% | 00101 | 86.67% |
| 10110 | 23.33% | 00110 | 93.33% |
| 10111 | 25.00% | 00111(默认值) | 100.00% |

I_{OUT} 电流完整计算公式应为：I_{OUT} = G*18110/rext (mA)

封装散热功率(PD)

封装的最大散热功率是由公式:

$$P_{D(max)} = \frac{(T_j - T_a)}{R_{th(j-a)}} \text{ 来决定的}$$

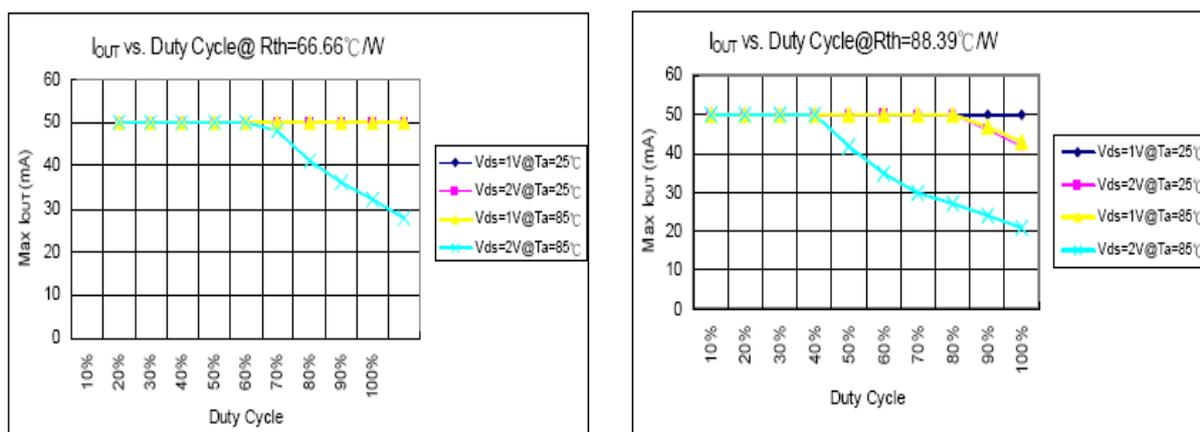
当 16 个通道完全打开时,实际功耗为:

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

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:



如果需要更大的输出电流 I_{OUT} , 则需要加一定的散热片, 其计算公式为:

$$\text{由 } \frac{1}{R_{th(j-a)}} + \frac{1}{R_{fc}} = \frac{P_{D(act)}}{T_j - T_a} \text{ 得:}$$

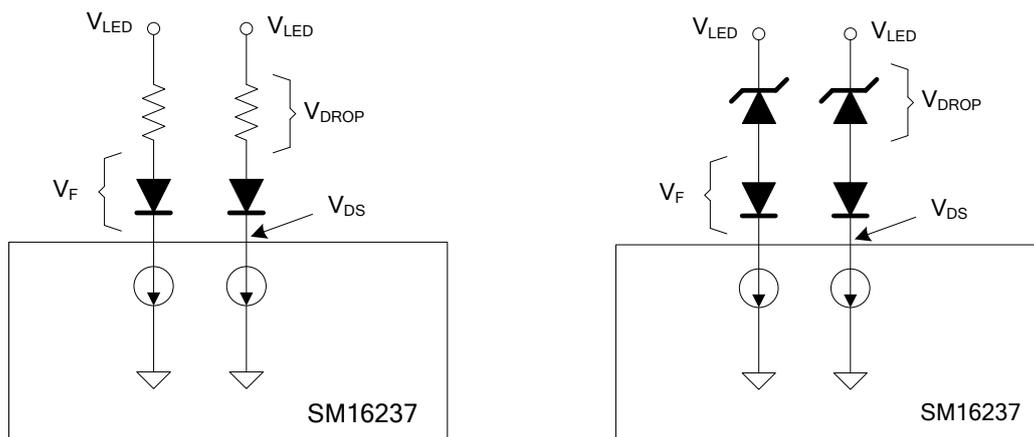
$$R_{fc} = \frac{R_{th(j-a)} * (T_j - T_a)}{P_{D(act)} * R_{th(j-a)} - T_j + T_a}$$

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

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。

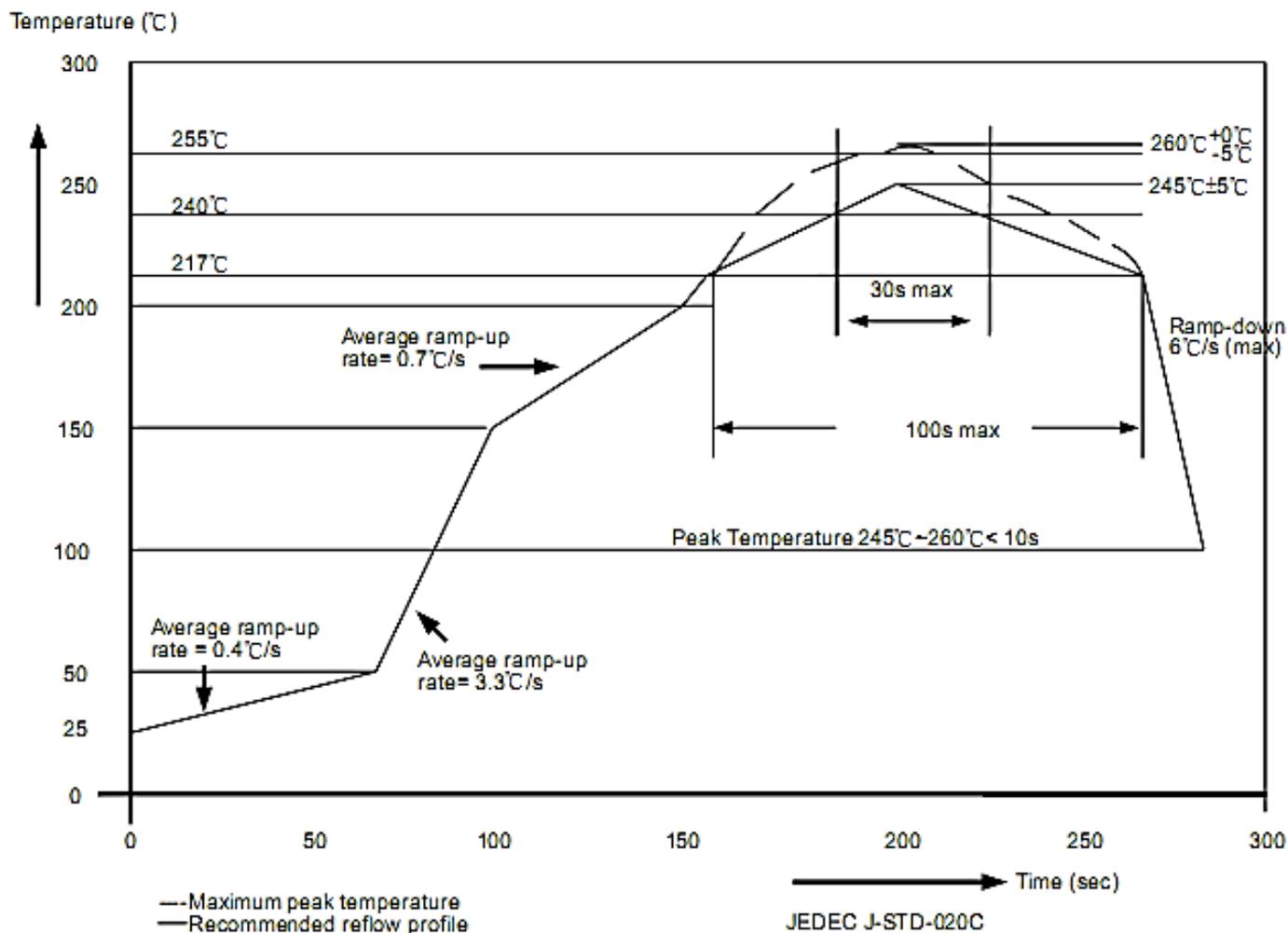
负载端电压(V_{LED})

为使封装体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 1.2V 左右(依据 $I_{OUT} = 1mA \sim 32mA$)。如果 $V_{DS} = V_{LED} - V_F$ 且 $V_{LED} = 5.0V$ 时,此时过高的输出端电压(V_{DS})可能会导致 $P_D(Act) > P_D(max)$ 。在此状况,建议尽可能使用较低的 V_{LED} 电压供应,也可用外串电阻或稳压管当做 V_{DROP} ,此可导致 $V_{DS} = (V_{LED} - V_F) - V_{DROP}$,达到降低输出端电压(V_{DS})的效果。



封装焊接制程

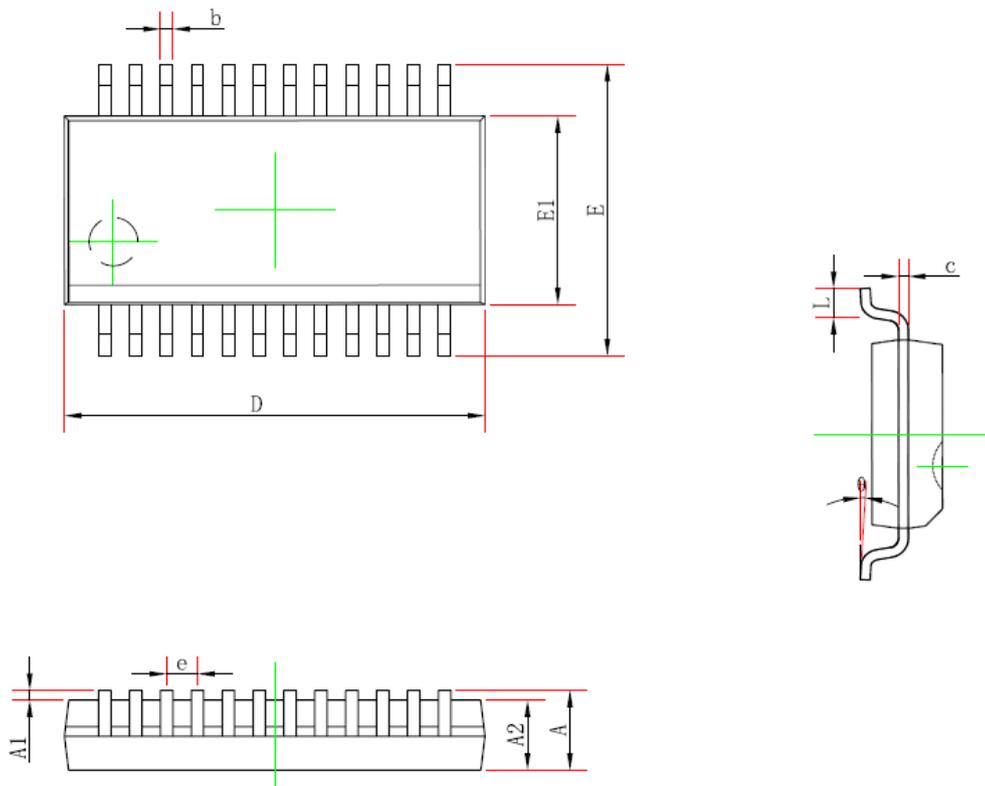
明微电子所生产的半导体产品遵循欧洲 RoHs 标准，封装焊接制程锡炉温度符合 J-STD-020 标准。



| 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 |

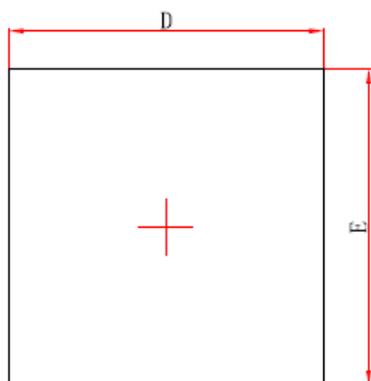
封装形式

QSOP24

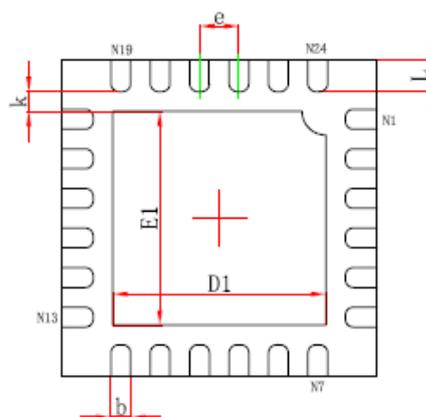


| Symbol | Min(mm) | Max(mm) |
|----------|----------|---------|
| A | - | 1.95 |
| A1 | 0.05 | 0.35 |
| A2 | 1.05 | - |
| b | 0.1 | 0.4 |
| c | 0.05 | 0.254 |
| D | 8.2 | 9.2 |
| E1 | 3.6 | 4.2 |
| E | 5.6 | 6.5 |
| e | 0.635TYP | |
| L | 0.3 | 1.5 |
| θ | 0° | 10° |

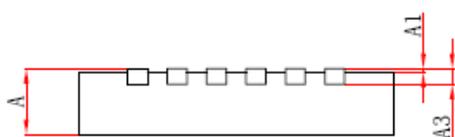
QFN24(4*4)



Top View



Bottom View



Side View

| Symbol | Min(mm) | Max(mm) |
|--------|----------|---------|
| A | 0.6 | 1.0 |
| A1 | - | 0.1 |
| A3 | 0.203REF | |
| D | 3.8 | 4.3 |
| E | 3.8 | 4.3 |
| D1 | 2.4 | 3.0 |
| E1 | 2.4 | 3.0 |
| K | 0.2min | |
| e | 0.5TYP | |
| b | 0.1 | 0.4 |
| L | 0.2 | 0.7 |

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。